



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización química con Cloruro de Magnesio en el diseño del camino -  
Villa las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

AUTOR

Zambrano Cabello, Jefferson Erik

ASESOR

Dr. Gerardo Enrique Cancho Zúñiga

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA - PERU

Año 2017 - I

## PÁGINA DE JURADO

**Presidente:** .....

**Secretario:** .....

**Vocal:** .....

## **DEDICATORIA**

A mis padres ya que gracias a ellos eh podido lograr mis objetivos y metas, nunca terminare de pagarles por todo lo que hicieron por mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero y como más importante doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia realizando mi tesina y por darme la sabiduría necesaria para realizarla, gracias a mi universidad por permitirme convertirme en un profesional en lo que me apasiona, gracias a cada maestro que me brindaron y compartieron de sus conocimientos y experiencias como parte de este proceso integral de formación.

También quiero agradecer a mi asesor Dr. GERARDO ENRIQUE CANCHO ZUÑIGA por sus correcciones y consejos brindados para la mejora de mi proyecto de tesis.

Y agradecer a mis padres María Cabello Mendoza y Yolson Zambrano Santillán por darme un ejemplo de trabajo, dedicación y superación, por su ayuda moral y económica, he logrado cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi proyecto de tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento incurrir dentro de su repertorio de información mental.

A todos ellos, infinitas gracias y bendiciones.

El autor.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jefferson Erik Zambrano Cabello con DNI N° 72154156, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ing. Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 10 de julio del 2017

---

**Jefferson Erik Zambrano Cabello**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, para optar el grado de Ingeniero Civil, pongo a vuestra consideración la Tesis titulada “ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016”.

Los capítulos y contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- I. Introducción
- II. Método
- III. Resultados
- IV. Discusión
- V. Conclusiones
- VI. Recomendaciones
- VII. Referencias Bibliográficas

Anexos

Espero Señores Miembros del Jurado que la presente investigación cumpla con las exigencias establecidas por la Universidad César Vallejo y merezca su aprobación

**El Autor**

## INDICE:

	Pág.
PORTADA .....	01
INDICE .....	07
RESUMEN .....	09
ABSTRACT .....	10
GENERALIDADES .....	11
Título .....	11
Autor .....	11
Asesor .....	11
Tipo de investigación .....	11
Línea de investigación .....	11
Localidad .....	11
Duración de la investigación .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 Realidad problemática .....	13
1.2 Trabajos previos .....	14
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	19
1.4 Formulación del problema .....	36
1.5 justificación del estudio .....	37
1.6 Hipótesis .....	38
1.7 Objetivo .....	38
II. MÉTODO .....	39
2.1 Diseño de investigación .....	39
2.2 Variables, Operacionalización .....	40
2.3 Población y muestra .....	41
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	42
2.5 Métodos de análisis de datos .....	43
2.6 Aspectos éticos .....	43
III. RESULTADOS .....	44
IV. DISCUSIÓN .....	66

V. CONCLUSIÓN	.....	69
VI. RECOMENDACIONES	.....	72
VII. REFERENCIAS	.....	73
VIII. ANEXOS	.....	75

## RESUMEN

La presente investigación propone la estabilización de un suelo en la calle Villa las Orquídeas, en el distrito de Puente Piedra. Esta estabilización fue realizada en hojas de cálculo y bajo la normativa de diseño ASTM D – 1557, ASTM D 422 y en los laboratorios de la Universidad Federico Villareal

La metodología usada para elaborar esta tesis fue desarrollada en dos partes: La primera, que consistió en determinar los parámetros para determinar las propiedades básicas de terreno en estudio, la cual fue sub dividida en 3 partes: Trabajo en campo, se recolectaron datos de campo, es decir se realizó 1 calicata de 1.50 metros de profundidad, de la que se extrajeron 200 kg de muestra. Trabajo en laboratorio, se procesó la data en los laboratorios por medio de formatos de tal manera de obtener los parámetros mínimos y necesarios para determinar las propiedades del terreno en estudio, estas fueron la granulometría por tamizado, límites de consistencia, compactación Proctor, la cual permitió obtener la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad y el CBR que nos indica la capacidad del suelo y finalmente trabajo en gabinete, que consistió en procesar los datos obtenidos en campo en el software Excel y obtener las gráficas para desarrollar la tesis. La segunda parte consistió en aplicar al terreno en estudio el cloruro de magnesio, que es un estabilizador de tal manera de mejorar las propiedades del suelo, la cual fue sub dividida en dos partes, trabajo en el laboratorio, ya que se hizo lo mismo de lo ya mencionado pero esta vez con cloruro de magnesio y el trabajo en gabinete, que consistió en realizar las mismas gráficas, pero ahora con cloruro de magnesio y observar la variación entre los resultados.

Finalmente, se procedió a responder las hipótesis planteadas en la tesis.

Palabras claves: Cloruro de magnesio, Proctor, CBR, Óptimo contenido de humedad.

## **ABSTRACT**

The present investigation proposes the stabilization of a soil in Villa las Orquídeas street, in the district of Puente Piedra. This stabilization was performed in spreadsheets and under the design standard ASTM D - 1557, ASTM D 422 and in the laboratories of the Federico Villareal University

The methodology used to elaborate this thesis was developed in two parts: The first, which consisted in determining the parameters to determine the basic properties of land under study, which was sub divided into 3 parts: Field work, field data were collected, That is to say 1 calicata of 1.50 meters of depth was realized, from which 200 kg of sample were extracted. Laboratory work, the data were processed in the laboratories by means of formats in such a way to obtain the minimum parameters and necessary to determine the properties of the land under study, these were the granulometry by sieving, limits of consistency, compaction Proctor, which Allowed to obtain the maximum dry density and the optimum moisture content and the CBR that indicates the capacity of the soil and finally work in the cabinet, which consisted in processing the data obtained in the field in Excel software and obtaining the graphs to develop the thesis. The second part consisted in applying magnesium chloride to the field under study, which is a stabilizer in such a way to improve the properties of the soil, which was sub divided into two parts, work in the laboratory, since the same was done of The above mentioned but this time with magnesium chloride and the work in cabinet, which consisted of making the same graphs, but now with magnesium chloride and observe the variation between the results.

Finally, we proceeded to answer the hypotheses raised in the thesis.

Key words: Magnesium chloride, Proctor, CBR, Optimal moisture content.

## **GENERALIDADES**

### **TÍTULO:**

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016.

### **AUTOR:**

ZAMBRANO CABELLO, JEFFERSON ERIK.

### **ASESOR:**

DR. GERARDO ENRIQUE CANCHO ZUÑIGA

### **TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

TIPO APLICADA

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

TRANSPORTE

### **LOCALIDAD: (VER FIGURA N° 01)**

DEPARTAMENTO: LIMA

PROVINCIA: LIMA

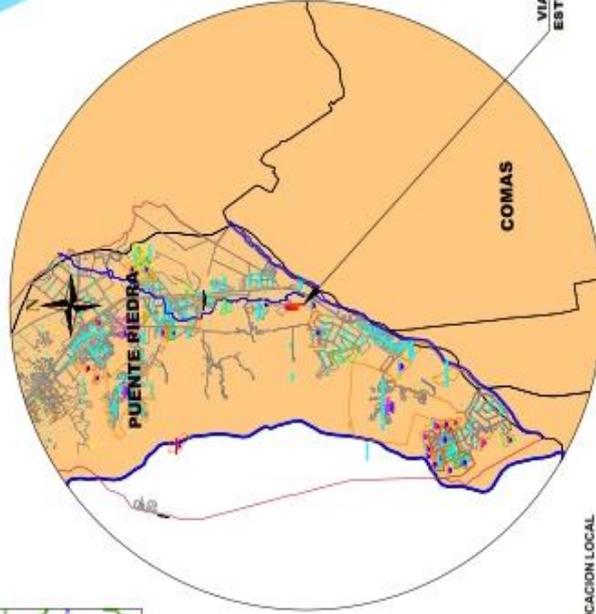
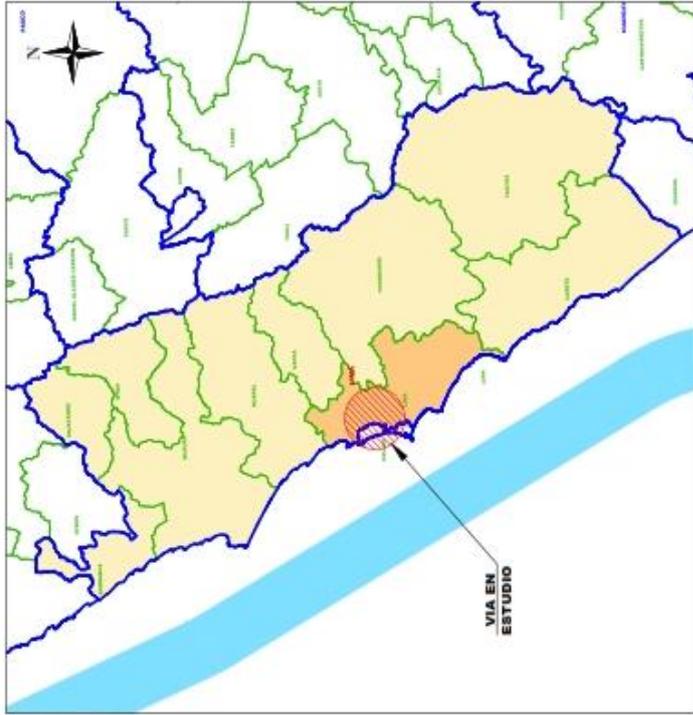
DISTRITO: PUENTE PIEDRA

### **DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

FECHA DE INICIO: AGOSTO DEL 2016

FECHA DE TERMINO: JULIO DEL 2017

# PLANO DE UBICACION



LEYENDA	
VIA EN ESTUDIO	
LIMITE DEPARTAMENTAL	
LIMITE PROVINCIAL	
LIMITE DISTRITAL	
CURVAS DE NIVEL	
QUEBRADAS	
NORTE	

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO VECINAL - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE RIEDRA EN EL 2017

FECHA DE ELABORACIÓN: 11/03/2017

PROYECTANTE: ING. CANCHO ZÚÑIGA, GERARDO ENRIQUE

PROFESOR: ING. J. ZAMBRANO

ALUMNO: ZAMBRANO CABELLO, JEFFERSON ENRIQUE

CODIGO: U-01

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad el Perú posee muchos caminos que aún no han sido pavimentados, los cuales necesitan ser estudiados para darles la mejor alternativa de solución, ya sea con un simple afirmado, una pavimentación flexible, rígida o mixta.

El estado dentro de lo que puede, intenta realizar estas obras, priorizando las que salen viables en el estudio a nivel de perfil, y dejando en espera los caminos que no son viables. Pero debido a esto muchos pueblos y caseríos pequeños se quedan sin tener una adecuada vía para poder transportarse y comercializar. Una de las alternativas de solución para estos caminos sin pavimentar es que las municipalidades locales pidan ayuda al pueblo para que con la colaboración de todos logren realizar los estudios y la ejecución del proyecto. Ya que estas obras son financiadas por el pueblo, el presupuesto es muy limitado y en muchos casos solo podrían llegar a ejecutar una pavimentación con afirmado. Entonces en este proyecto de investigación daré a conocer que existen otros tipos de mejoramientos que se le pueden hacer al afirmado para hacerlo más duradero e incluirle nuevas características sin tener que aumentar el costo del proyecto demasiado. Entre estos mejoramientos tenemos a los Estabilizantes químicos de suelos como son:

- ✓ Cal
- ✓ Cemento portland
- ✓ Cloruro de magnesio (Bischofita)
- ✓ Cloruro de calcio
- ✓ Cloruro de sodio (sal)
- ✓ Polímeros

Existen caminos en donde poner una pavimentación flexible no resulta viable entonces la alternativa que quedaría sería ponerle solo un afirmado, pero en algunos lugares del Perú, el afirmado tiene un tiempo de vida útil muy corto por las condiciones climáticas de cada lugar. Por lo tanto en este proyecto estudiaremos el CLORURO DE MAGNESIO y analizaremos sus beneficios.

## 1.2. Trabajos previos (Antecedentes)

### 1.2.1. Antecedentes nacionales.

**a) Carlos, Gutiérrez Montes. (2010). Tesis: “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio” Año 2010. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima - Perú.**

El autor realizo un estudio que trata sobre como la inestabilidad de los suelos está entre los principales inconvenientes que se presentan en los caminos y/o carreteras en el Perú. Se busca solucionar estos problemas utilizando otros métodos para estabilizar los suelos. Por lo que una de las maneras de estabilizar los suelos es mediante recursos químicos que brindan al suelo de mejores características en servicio.

En esta tesis el autor nos explica las diferencias que existen entre el cloruro de magnesio y el cloruro de calcio los cuales son dos de las diferentes opciones que existen en el mercado para estabilizarse químicamente los suelos.

Entre sus conclusiones principales se tienen:

- Se ha comprobado que el cloruro de magnesio posee desventajas en comparación al cloruro de calcio
- Al existir los salares de lima y huacho donde se produce el cloruro de calcio, es más económico utilizarlo en los caminos de la toda la costa peruana.

**b) Milton Eduardo, Jiménez Lagos. (2014). Tesis: “Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matemático de Hogg y Viga Benkelman” Año 2014. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima - Perú.**

En esta tesis el autor desarrolla nomogramas aplicando modelos matemáticos con el fin de analizar y evaluar el desempeño estructural que tiene el suelo estabilizado con cloruro de magnesio, también observar la dispersión de

módulos elásticos de una base que se obtienen en estos pavimentos en comparación con un pavimento flexible común.

Entre sus principales conclusiones tenemos:

- La estabilización química de suelos trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente y flexible. El proceso de estabilización requiere estudio de los suelos a tratar, dosificaciones de aditivos, diseño de pavimento y supervisión en terreno.
- La inversión inicial de un afirmado estabilizado es mayor a un afirmado, pero considerando un periodo de 10 años de mantenimiento rutinario permanente y mantenimiento periódico, resulta más económica la base estabilizada.

**c) Héctor Martín, Choque Sánchez. (2012). Tesis: “Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodaduras en carreteras no pavimentadas” Año 2012. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima - Perú.**

En esta tesis el autor explica como las partículas finas al juntarse con las partículas más grandes q están expuestas al ambiente externo, van perdiendo humedad y con la acción del tránsito de vehículos se genera disgregamiento superficial con los cual se origina polvo y posteriormente empiezan a aparecer fallas en el camino, como ahuellamientos, baches, ondulaciones, etc.

Explica también cómo actúan diferentes estabilizadores químicos en los caminos.

Entre sus principales conclusiones está:

- El sector sin aditivo tuvo un mejor comportamiento en lo que respecta al deterioro superficial en el tiempo que fue aplicado.

**d) Manuel Alexander, Muñoz Arellano (2015). Tesis: “Análisis y evaluación de aditivos químicos en la conservación de carreteras no pavimentadas en el tramo Km 15+000/ Km 15+500 en el distrito de Santo Domingo de Acobamba” Año 2015. Facultad de Ingeniería Civil de la**

## **Universidad Peruana los Andes. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Huancayo – Perú.**

En esta tesis el autor intenta demostrar las ventajas que tiene el uso de aditivos químicos en la conservación de carreteras, además evaluar que tan económico resulta usar este recurso.

Se reporta un estudio aplicado, observacional de corte comparativo, con un nivel de investigación: DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO, teniendo como problema general: ¿De qué manera influye la aplicación de aditivos químicos en la conservación de carreteras no pavimentadas, Tramo Km 15+000 / Km 15+500 SANTO DOMINGO DE ACOBAMBA, ROSASPAMPA, YANABAMBA? siendo el objetivo general, determinar si la aplicación de aditivos químicos influye en la conservación de carreteras no pavimentadas. Tramo Km 15+00 / Km 15+500. SANTO DOMINGO DE ACOBAMBA, ROSASPAMPA, YANABAMBA., con la hipótesis que: La aplicación de aditivos químicos (enzimáticos) si influye significativamente en la conservación de carreteras no pavimentadas. Tramo Km 15+000 / Km 15+500. SANTO DOMINGO DE ACOBAMBA, ROSASPAMPA, YANABAMBA.

El propósito de la investigación es que en base a los resultados obtenidos se propondrá sugerencias para mejorar la problemática encontrada en la unidad de análisis.

Conclusiones:

- Los aditivos aplicados bajo las mismas condiciones en la presente investigación no resultaron efectivos.
- El uso de los aditivos no resulta económicamente y técnicamente favorables para el mejoramiento superficial en carreteras no pavimentadas bajo las mismas condiciones.

### **1.2.2. Antecedentes internacionales.**

**a) María Loreto, Araya Díaz. (2010). Tesis: “Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos Soiltac” Año 2010. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor. Valdivia - Chile.**

En este trabajo se desarrolló la investigación con respecto a las propiedades y usos de un producto innovador en Chile. Presentando sus ventajas y desventajas y así dar a conocer las diferentes propiedades de soiltac frente a productos estabilizadores de suelos comunes como son el cloruro de magnesio y el cloruro de sodio.

Las conclusiones más resaltantes son:

- El producto (Soiltac), si lo comparamos con los comúnmente utilizados (cloruro de magnesio y cloruro de sodio) en caminos poco transitados, como las ciudades que constan de un menor tráfico vehicular que las grandes urbes, podemos decir que en un futuro resultará bastante más económico debido a que los costos de implementación y mantenimiento resultan ser más baratos. Esto lleva a que la sociedad pueda acceder a productos de similar calidad a los tradicionalmente utilizados.
- La aplicación del producto es más rápida que los cloruros ya que su duración es alrededor de 15 días mientras que Soiltac es casi la mitad del tiempo, debido a que no necesita tantos materiales ya que el compuesto está en estado líquido y su curado resulta en menor tiempo, además, el terreno no necesita gran preparación, sólo remover el espesor necesario para su aplicación.

**b) Waldemar Pablo, Cavieres Acevedo. (2008). Tesis: “Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo transito” Año 2008. Departamento de Ingeniería Civil. Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Santiago de Chile – Chile.**

Las Soluciones Básicas, según lo establece la Dirección de Vialidad, son mejoramientos de la carpeta de rodadura, aplicables a caminos de bajo tránsito, con pavimentaciones distintas a las tradicionales, las cuales podrían ser alternativas válidas para los más de 60.000 kilómetros de caminos aun sin pavimentar.

Entre los tipos de “Soluciones Básicas” desarrolladas, se encuentran:

- Estabilización de carpetas granulares superficiales: esto consiste en adicionar a los suelos o carpetas granulares productos que permitan aglomerar la fracción fina de estos. Entre los productos que se utilizan, se encuentran sales minerales y productos ligantes o aglomerantes.
- Recubrimientos asfálticos: entre éstos están diversos tratamientos superficiales tales como los riegos neblina (fogseal), sellos asfálticos, riegos con gravilla, lechadas asfálticas, carpetas asfálticas de pequeño espesor y combinaciones de ellos.
- Mejoramientos de la base granular y luego una protección asfáltica, que puede considerarse como una combinación de las soluciones anteriores.

En este trabajo de título se aborda la caracterización de los tipos de soluciones básicas que han sido utilizados en diferentes contratos a lo largo del país y evalúa su factibilidad como solución para el resto de la red comunal no pavimentada. Como etapa previa se realizó una revisión de la información existente sobre los proyectos ejecutados, partiendo de su clara identificación y datos sobre su comportamiento en relación a las condiciones locales de clima, suelo y tránsito que lo utiliza.

Para evaluar el comportamiento se utilizaron indicadores de estado, los cuales fueron obtenidos a través de inspecciones visuales a los distintos caminos mejorados mediante soluciones básicas, registrando en una ficha el nivel de deterioro, mediciones de IRI y deflectometría efectuadas por el Laboratorio Nacional de la Dirección de Vialidad.

El comportamiento observado de las Soluciones Básicas permite afirmar que es posible aplicar algún tipo mejoramiento de la carpeta de rodadura en casi cualquier lugar del país, considerando una adecuada elección, construcción y mantención.

**c) Michael R. Mitchell. (2006). Surface-aggregate stabilization with chloride materials. U.S. Department of Agriculture. United states.**

Esta publicación brinda información sobre el desempeño y la rentabilidad de las altas aplicaciones de cloruro de calcio y magnesio que se aplican en un proceso de construcción de una sola vez a los administradores de carreteras

federales, estatales, del condado y locales. La estabilización proporciona un nivel mucho más alto de rendimiento de la superficie de la carretera mejorando la calidad de la conducción y reduciendo el polvo, el lavado y el deshilachado (agregado suelto). Los gerentes de caminos pueden esperar resultados similares al usar este proceso con agregados recién triturados.

Los beneficios y la rentabilidad de la estabilización del cloruro fueron medidos en 12 proyectos construidos en 2003 y monitoreados durante dos temporadas en cuatro estados occidentales. Treinta y nueve secciones tratadas y 40 secciones no tratadas se construyeron con magnesio y cloruro de calcio mezclados a dos concentraciones (1,5 por ciento y 2 por ciento de cloruro puro basado en el peso seco del agregado) con una superficie de agregado triturado de 2 pulgadas de profundidad.

Los costos de construcción para la estabilización en el lugar son de \$ 8,000 a \$ 10,000 por milla dependiendo del cloruro, proceso de construcción y ubicación del proyecto. Los costos de construcción son compensados por reducciones de costos para la clasificación de mantenimiento (blading), pérdida de agregados y uso de vehículos.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Estabilización química de suelos**

Se refiere a cambiar las características de los suelos (camino y/o carreteras), añadiendo productos químicos especiales.

Este método consiste en añadir el producto químico (en nuestro caso el cloruro de magnesio), y mezclarlo de forma uniforme con el suelo, conforme a las especificaciones que brinda el fabricante. El principal objetivo de utilizar un estabilizador químico en los suelos, es brindarle a este ciertas mejoras las cuales lo hagan resistente a los diferentes daños que sufre estando en servicio.

Entre los principales estabilizantes químicos según Araya (2010) tenemos:

- Cal: reduce la plasticidad de los suelos con arcilla y es económico

- Cemento Portland: incrementa la resistencia y es comúnmente usado para gravas finas y arenas.
- Productos Asfálticos: se usa para materiales triturados sin cohesión, en forma de emulsión.
- Hule de Neumáticos: se utiliza principalmente en carpetas asfálticas para darle más resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- Cloruro de Sodio: disminuye los polvos en el suelo y también lo impermeabilizan se usa comúnmente en limos y arcillas.
- Cloruro de Calcio: disminuye los polvos en el suelo y también lo impermeabilizan se usa comúnmente en limos y arcillas.
- Cloruro de Magnesio: disminuye los polvos en el suelo y también lo impermeabilizan se usa comúnmente en limos y arcillas.
- Polímeros: se utiliza principalmente en carpetas asfálticas para darle más resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- Escorias de Fundición: se utiliza principalmente en carpetas asfálticas para darle más resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

### **1.3.1.1. Cloruro de magnesio**

#### **1.3.1.1.1. General**

La bischofita o cloruro de magnesio es uno de los recursos más utilizados para estabilizar químicamente los caminos, entre sus propiedades esta la eliminación de polución. Es un componente de control de polvo en caminos y su producción es completamente natural, a partir de salmueras hechas a base de bischofita (cloruro de magnesio).

FIGURA N° 01



Cloruro de magnesio (bischofita)

Fuente: <http://mejorconsalud.com/wp-content/uploads/2014/11/Cloruro-de-magnesio.jpg>

La acción que tiene consiste en la gran higroscopicidad que posee, con la cual atrae y retiene la humedad, evitando que se genere polvo al no perder partículas muy finas. También al formar una estructura cristalizada en la superficie, disminuye las acciones abrasivas generadas por el tránsito, por lo tanto, se incrementa la vida útil del camino estando en servicio.

Para tener un buen acabado al momento de usar el material se debe mezclar en estado líquido con agua y así poder distribuirlo uniformemente en el camino.

El procedimiento constructivo es el mismo que con un afirmado común solo que a cambio del agua que se riega para compactar se usa la solución de cloruro de magnesio (bischofita).

Entre las características que posee la bischofita se tiene la gran cohesión que posee la carpeta de rodadura gracias a que la base granular mantiene su humedad óptima y esto es gracias a que la bischofita tiene la capacidad de recoger y retener la humedad que hay en el ambiente, a esta propiedad se le llama higroscopicidad.

Anteriormente solo era conocido el cloruro de sodio como estabilizador químico. Hoy en día ya se han estudiado muchos materiales para ser usados

como estabilizadores entre ellos está el cloruro de magnesio el cual está convirtiéndose en uno de los más usados en países como Chile.

FIGURA N° 02



Imágenes del proceso de aplicación del cloruro de magnesio

Fuente: Araya, 2010, p. 23

#### **1.3.1.1.2. Economía y beneficios**

Actualmente, este material se está usando tanto en la estabilización de caminos como en el control de polvo.

Aunque parezca lo contrario el mantenimiento de los caminos estabilizados con cloruro de magnesio es mucho más simple y de poca frecuencia, en comparación de los caminos que no están estabilizados los cuales deben ser mantenidos por métodos más complejos y con mucha frecuencia.

#### **1.3.1.1.3. Mantención**

La razón por la que los caminos resultan dañados en muchos casos es por el mal drenaje que tienen. Además, podría ser por la mala construcción que se realizó, utilizando malos materiales. Otro factor puede ser el aumento de

tránsito en el camino el cual no estaba previsto al momento de diseñar. Por ende, el mismo se deteriora más rápido de lo calculado.

Los caminos estabilizados con cloruro de magnesio deben ser mantenidos cada tres años, en algunos casos quizás cada uno o dos años. Sería muy diferente en un camino sin ningún mejoramiento se tendría que pasar una motoniveladora cada mes.

#### **1.3.1.1.4. Efectos contaminantes**

Una de las preocupaciones que genera el uso de la bischofita como estabilizador químico, es la posible contaminación de cultivos cercanos al camino, el riesgo que se contaminen los sembríos está presente así que se debe evaluar los impactos q podría generar.

#### **1.3.1.1.5. Seguridad vial**

Los caminos tratados con bischofita quedan con una apariencia oscura parecida a un asfalto, por lo que hasta ahora no se han reportado inconvenientes ni accidentes por su apariencia.

Hay que tener en cuenta que, por su capacidad higroscópica, estos caminos suelen estar algo húmedos ya sea por lluvias o humedad excesiva (niebla) en el ambiente, lo cual es común en nuestro país, y por lo tanto se debe señalar la vía con velocidades moderadas para así evitar accidentes.

Para evitar lo anterior, es posible tomar una serie de medidas:

- Control de la aplicación para evitar sobredosis o disminuir dosis en suelos extremadamente plásticos.
- Granulometría abierta o control de finos para aumentar fricción.
- Información al usuario. Ya que se debe tener una señalética igual que un camino pavimentado con asfalto u hormigón, es decir, que se debe tomar las mismas precauciones que vías pavimentadas convencionalmente.

#### **1.3.1.1.6. Propiedades generales**

- Fortalece los enlaces entre las partículas finas y gruesas del suelo.
- Aglomera las partículas finas de suelos plásticos y no plásticos.
- Cristaliza en la superficie, formando una película resistente a la abrasión de los neumáticos.
- Capta y retiene humedad ambiental sobre 32%, emulando un riego sobre el camino.
- Mantiene la humedad óptima en las carpetas.
- Reduce la tasa de evaporación del agua 3,1 veces.
- Baja la temperatura de congelamiento del agua hasta  $-33^{\circ}\text{C}$  (Temp. eutéctica).
- PH: 4,7 a  $25^{\circ}\text{C}$ .
- Toxicidad: Cumple Test TCLP – método EPA 1311
- Reactividad: Cumple Método EPA 1001 y 1002
- Corrosividad: Cumple Método EPA 1110 A. Clasificación No Corrosivo.

#### **1.3.1.1.7. Efectos de la salinidad sobre los vehículos**

Se sabe que el cloruro de magnesio en forma líquida es un agente corrosivo fuerte de los metales.

Se realizaron encuestas a personas que cruzan con sus vehículos caminos estabilizados con cloruro de magnesio, y dijeron que, aunque les daba miedo los daños que recibirían sus vehículos no habían notado daños como se muestra en la figura nº 4. Esto se debe a que la cantidad de bischofita que llega a los vehículos es mínima, además si la vía posee un buen drenaje siempre estará auto limpiándose.

FIGURA N° 03



Deterioro de vehículos al estar en contacto con caminos estabilizados con cloruro de magnesio.

### **1.3.2. Diseño de un camino**

El diseño de un camino se realiza por una necesidad social y justificada económicamente. Los conceptos antes mencionados se correlacionan para generar características físicas y técnicas que debe poseer el camino, así obtener óptimos resultados, todo esto para que las comunidades se beneficien con este servicio.

#### **1.3.2.1. Parámetros geotécnicos**

Los siguientes parámetros ayudaran a evaluar las características del proyecto y definir las para así lograr el objetivo.

- Ensayo de análisis granulométrico por tamizado
- Ensayo de límites de consistencia

- Ensayo de contenido de humedad

### 1.3.2.1.1. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado

El objetivo de este ensayo es hallar cuantitativamente la distribución de los tamaños de partículas de suelo.

Su finalidad y alcance comprende en obtener los porcentajes de suelo que pasan a través de los diferentes tamices hasta el tamiz N° 200.

Normativamente este ensayo esta codificado como: ASTM D 422.

Los equipos y materiales que se utilizan en este ensayo son:

- 02 balanzas, una con sensibilidad de 0.01g, y otra con sensibilidad de 0.1% del peso de la muestra.
- 01 estufa
- Tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

- Envases de acero para secar la muestra.
- Brochas y cepillos.

La muestra se toma de la siguiente manera:

Se prepara una muestra la cual se separa en dos partes, una que es retenida sobre el tamiz N° 04 y otra que pasa dicho tamiz, ambas partes se ensayaran por separado.

Para la porción retenida en el tamiz N° 04 el peso dependerá de la siguiente tabla:

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

El tamaño de la porción que pasa el tamiz N° 04 será aprox. 115g para suelos arenosos y de 65g para arcillosos y limosos.

El procedimiento del ensayo es el siguiente:

- ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N° 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz

individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA FRACCIÓN FINA

El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.

Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.

Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.

Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.

Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm N° 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.

Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y se pesa.

Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado anteriormente.

#### **1.3.2.1.2. Ensayo de límites de consistencia**

- **Determinación del límite líquido de los suelos (L.L.)**

El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

La finalidad y alcance comprende que este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados,

tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte

Los límites líquidos y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad

Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutitas a la intemperización.

El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

La normativa que sigue este ensayo es la NTP 339.129: SUELOS

- **Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)**

El objetivo de este ensayo es determinar el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad, al conocerse el límite líquido del mismo suelo

La finalidad y alcance se explica a continuación:

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación

SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

Los plásticos de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad

La normativa que posee este ensayo es: NTP 339.129: SUELOS

#### **1.3.2.1.3. Ensayo de contenido de humedad**

El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo.

La finalidad y alcance de este ensayo es hallar el porcentaje de agua que contiene una masa de suelo.

La normativa de este ensayo es: ASTM D 2216.

Los equipos y materiales que se utilizan son:

- 01 Horno de secado
- 02 balanzas, una con sensibilidad de 0.01g, y otra con sensibilidad de 0.1g.
- Recipientes de acero
- 01 desecador
- Utensilios para manipular los recipientes
- Cuchillos, espátulas, cucharas, lonas, etc.

#### **1.3.2.2. Parámetros climáticos**

Los siguientes parámetros climáticos ayudaran a evaluar las características del proyecto y definir las para así lograr el objetivo.

- Datos de precipitación de SENAMHI
- Datos de temperatura de SENAMHI
- Datos de humedad de SENAMHI

#### **1.3.2.2.1. Precipitación**

Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garuas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. En Estados Unidos, la lluvia se identifica según su intensidad, en:

- ligera, para tasas de caída de hasta 2.5 mm/h
- moderada, desde 2.5 hasta 7.6 mm/h
- fuerte, por encima de 7.6 mm/h

#### **1.3.2.2.2. Temperatura**

La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

Gradiente vertical de temperatura. La temperatura disminuye en la tropósfera, en una cantidad que varía según las condiciones locales, pero que en promedio es de alrededor de 0.6 °C por cada 100 m de ascenso. Esto es lo que constituye el gradiente vertical de temperatura.

Inversión de temperatura. Se llama así al fenómeno que se presenta bajo ciertas condiciones locales y que consiste en lo siguiente. En las primeras horas del día, la tierra se encuentra a baja temperatura debido a que en la noche ha perdido gran cantidad de calor; en ausencia de vientos y con el cielo despejado,

las capas inferiores de la tropósfera son más frías que las inmediatas superiores; como consecuencia la temperatura sube con la altura, en un espesor de algunos centenares de metros.

Esta inversión de temperatura tiende a ser destruida por la mezcla que producen los vientos fuertes próximos al suelo, y desde luego el calentamiento que sigue a la salida del sol termina por restablecer el gradiente normal de temperatura.

Medición de la temperatura del aire. Las estaciones meteorológicas disponen de un termómetro de máxima, un termómetro de mínima, y algunas veces de un termógrafo. Estos aparatos están situados a 1.50 m. del suelo, en una cubierta de madera provista de persianas que permiten la libre circulación del aire, pero que protegen los termómetros de la radiación solar directa.

Por convención, la temperatura media diaria se calcula tomando la media aritmética de la temperatura máxima y mínima, leídas en los termómetros de máxima y de mínima, respectivamente.

La temperatura media mensual o anual es la media aritmética de las temperaturas medias diarias en el período considerado. De la misma manera se calculan las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas.

### **1.3.2.2.3. Humedad**

La humedad atmosférica expresa el contenido de vapor de agua de la atmósfera, vapor de agua que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en los suelos húmedos o a través de las plantas.

La humedad atmosférica interesa a la Hidrología por dos motivos: por ser el origen de las aguas que caen por precipitación y porque determina en cierto modo la velocidad con que tiene lugar la evaporación.

### **1.3.2.3. Tipo de tráfico**

#### **1.3.2.3.1. Metodología para el estudio de la demanda de tránsito**

- **El índice medio diario anual de tránsito (IMDA).**

Para realizar los estudios de tránsito nos podemos encontrar con dos condiciones o realidades, está el caso de los estudios para caminos inexistentes (nuevos) y el de caminos ya construidos o pavimentados.

El primer caso requiere un estudio del desarrollo económico zonal o regional que lo justifique. Y en el segundo caso el tránsito que existe podrá evaluarse por medio de sistemas convencionales.

El camino es diseñado para un volumen de tránsito específico que es llamado demanda diaria promedio a servir, y calculando el número de vehículos promedio que pasan por el camino al día, el cual se incrementa cada año en razón de una tasa de crecimiento por año que determina el MTC para diferentes zonas del Perú.

- **Volumen y composición o clasificación de los vehículos.**

i) Se define los tramos del camino en donde se calcula una demanda uniforme o semejante.

ii) Se ubica una o varias estaciones de conteo, en los cuales se pueda obtener información segura y confiable.

iii) En una cartilla se va tomando nota del tipo y número de vehículos que circulan en las dos direcciones, apuntando la hora en la que paso por la estación.

Es conveniente llevar al campo una plantilla hecha previamente para poder apuntar el conteo, hora y demás información que se recopila.

De esta forma se totalizan los conteos por clase de vehículos, por horas, por sentidos, por volúmenes, etc.

#### **1.3.2.1.2. La velocidad de diseño y su relación con el costo del camino**

Uno de los más importantes factores para diseñar un camino es la velocidad de diseño con la cual se establece la sección transversal del camino, el trazado en planta y la elevación.

Después de definir la velocidad de diseño con la que se desplazaran los vehículos, se continuara con el diseño del eje del camino, el cual se hace siguiendo el trazado en planta en el que se tendrán tramos rectos denominados tangentes y tramos curvos, así mismo el trazado vertical se tendrá tramos con pendiente rectas y con pendientes curvilíneas comúnmente parabólicas.

La velocidad del diseño establecerá las exigencias de distancias de visibilidad y seguidamente de la seguridad de los conductores del camino a lo largo del trazo.

- **Determinación de la velocidad de diseño**

La definición de la velocidad de diseño resulta de un análisis técnico-económico de varias opciones de trazado, que tendrán que tener en consideración la orografía del territorio. En zonas llanas puede realizarse el diseño con altas velocidades y un bajo costo, pero en zonas más accidentadas sería demasiado costoso mantener grandes velocidades de diseño y además que la vía sea segura, en este caso solo se podría dar viabilidad si la demanda de transito fuera alta.

- **Velocidad de circulación**

La velocidad de circulación es la que tendrán que respetar los usuarios de la vía, para poder mantener condiciones óptimas de servicio y seguridad. Se deberá colocar la señalización correspondiente en la vía para su adecuado uso y servicio.

**Tabla 204.01**  
**Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.**

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Autopista de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Autopista de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de tercera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

- ¿Qué beneficios estructurales brinda la estabilización con cloruro de magnesio en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿Qué beneficios funcionales brinda la estabilización con cloruro de magnesio en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016?
- ¿Qué desventajas tiene estabilizar el suelo con cloruro de magnesio?
- ¿Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio es el más adecuado para el tipo de suelo en estudio?

## **1.5. Justificación del estudio**

Los problemas expuestos líneas arriba genera por si solos una justificación valida. Cuando se habla de estabilizaciones químicas podemos decir que aún es un tema que no se ha estudiado completamente y a fondo. En este proyecto de investigación pretendo ampliar el conocimiento acerca del uso de este material enfocándonos en sus beneficios y dando a conocer también las desventajas que tiene.

### **1.5.1. Por el beneficio**

- 1) La estabilización química con cloruro de magnesio tiene como mayor beneficio el costo bajo en comparación de una carpeta de rodadura de asfalto.
- 2) el mantenimiento de estos caminos diseñados con cloruro de magnesio es un gran beneficio. Este material es muy resistente al agua, hielo y un tránsito moderado.

### **1.5.2. Por el resultado**

Según seguimiento de caminos estabilizados con cloruro de magnesio, han cumplido con buenos resultados las exigencias de servicio.

Por lo tanto el uso del cloruro de magnesio es una excelente opción que podemos utilizar en caminos de bajo tránsito.

### **1.5.3. Por la viabilidad**

En la actualidad hay muchos proyectos de investigación que tratan sobre el cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos; estos trabajos son extranjeros, sobre todo de Chile ya que en ese país se fabrica el cloruro de magnesio para ser usado en caminos. Por lo tanto, mi investigación será enfocada a aplicar este recurso en el Perú e identificar qué beneficios nos brinda.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- El uso del cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos genera varios beneficios estructurales, los cuales hacen de este recurso una buena alternativa.

### **1.6.2. Hipótesis específica**

- El uso del cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos genera varios beneficios funcionales, los cuales hacen de este recurso una buena alternativa.
- Las desventajas que tiene el cloruro de magnesio como estabilizador químico de caminos se pueden controlar y ser disminuidas con un adecuado mantenimiento y supervisión de la carretera.
- El porcentaje de cloruro de magnesio que necesita el diseño del pavimento es económicamente favorable.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

- Determinar los beneficios estructurales que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador químico de suelos en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar los beneficios funcionales que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador químico de suelos en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016.
- Determinar las desventajas que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador químico de suelos en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016.
- Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio es el más adecuado para el tipo de suelo en estudio.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño, tipo y nivel de investigación**

#### **2.1.1. Diseño de investigación**

Según (Hernández, 2010) nos dice que existen dos tipos de diseño que son los Diseños Experimentales y los Diseños No Experimentales.

Por lo tanto la presente investigación se ubica dentro del diseño experimental, “en la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente)” (Murillo 2011).

#### **2.1.2. Tipo de investigación**

El presente Proyecto, tiene un tipo de investigación aplicada, que es la utilización de los conocimientos de la investigación básica y aplicarlos a la práctica, en la mayoría de los casos, en beneficio de la sociedad. Debemos tener presente, que ambas, investigación aplicada y básica, buscan resolver problemas. En la investigación aplicada, el investigador busca resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. En otras palabras, el énfasis de la investigación aplicada es la resolución práctica de problemas.

#### **2.1.3. Nivel de investigación**

Según (Hernández, 2010) presenta cuatro niveles de investigación:

- Nivel explorativo.
- Nivel Descriptivo.
- Nivel Correlacional.
- Nivel Explicativo.

La cual esta investigación se basa en el Nivel Descriptivo y Explicativo, ya que se sustentarán diferentes tipos de documentaciones y de campo. Como lo indica Hernández, (2010) en el Nivel Descriptivo, su finalidad es especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

De igual manera Balestrini, (2006). Los estudios descriptivos, infieren la descripción con mayor precisión, acerca de las singularidades de la realidad estudiada. Podrá estar referido a una comunidad, una organización, un hecho delictivo, las características de un tipo de gestión.

Según Balestrini, la Explicativa es aquella que tiene relación causal, no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo.

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **2.2.1. Variable independiente**

- ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO

### **2.2.2. Variable dependiente**

- DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016.

### **2.2.3. Operacionalización de variables**

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO</b>	La bischofita o cloruro de magnesio es uno de los recursos más utilizados para estabilizar químicamente los caminos, entre sus propiedades esta la eliminación de polución, aumentar la capacidad a la tracción, aumenta la vida útil de las bases granulares

<b>DISEÑO DEL CAMINO</b>	El diseño de un camino se realiza por una necesidad social y justificada económicamente. Los conceptos antes mencionados se correlacionan para generar características físicas y técnicas que debe poseer el camino, así obtener óptimos resultados, todo esto para que las comunidades se beneficien con este servicio.
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La Operacionalización de variables se encuentra en el ANEXO 01.

### **2.3. Población y muestra**

#### **2.3.1. Población**

La zona en estudio del proyecto de investigación se encuentra en el distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, en el departamento de Lima, entonces, la población obtenida, son los caminos vecinales no pavimentados del distrito de Puente Piedra.

**Población:** Los caminos vecinales no pavimentados del distrito de Puente Piedra

#### **2.3.2. Muestra**

“Es obvio que, si cada uno de los sujetos de estudio de una investigación tuvieran exactamente las mismas características, el tamaño requerido de la muestra sería solamente de uno; pero al no presentarse el caso, necesitamos establecer un tamaño de muestra mayor de uno, pero menor que la población total o universo (Borja, 2012)”.

El tipo de muestra es no probabilística o dirigida, entonces, el tipo de muestreo es de selección preferencial (conveniencia).

Es por conveniencia porque se está eligiendo como muestra un tramo crítico no pavimentado de 50m en el camino - Villa las Orquídeas - Puente Piedra.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Son los procedimientos y actividades con los cuales obtendremos los datos e información requerida para poder responder las preguntas de investigación.

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>FUENTE DE INFORMACIÓN</b>
<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>FOTOS, VIDEOS, APUNTES.</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO Y ESTUDIOS ANTERIORES EN LA ZONA DE ESTUDIO</b>
<b>TRABAJOS DE CAMPO (CALICATAS)</b>	<b>HERRAMIENTAS DE CAMPO.</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO</b>
<b>TRABAJOS DE LABORATORIO</b>	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO</b>
<b>GABINETE</b>	<b>FORMATOS DE EXCEL</b>	<b>DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO</b>

### 2.4.1. Validez

En mi proyecto de investigación se válida con la información recolectada ya que son de fuentes muy confiables, además se validará más en el momento que se tenga los resultados de los ensayos de laboratorio que se harán más adelante.

La validez del estudio se determinará de manera técnica y especializada, si bien es cierto el procesamiento de los datos a través de la Visita en campo y recolección de datos mediante instrumentos, nos proporcionarán resultados que de ser digitados correctamente se asemejarían al comportamiento real una vez materializada la vía, pues de tal modo, se determinarán correctamente los datos

insertados en los software con el fin de que estos otorguen los datos con veracidad.

#### **2.4.2. Confiabilidad**

La confiabilidad es grande para este proyecto ya que se visitó la zona y en la actualidad se encuentra no pavimentada, y con fácil acceso para poder realizar los ensayos y demás trabajos de campo sin tener ningún inconveniente. Además, se realizará los instrumentos de forma ética y veraz.

#### **2.5 Métodos de análisis de datos**

El método de análisis de datos se basará en el procesamiento de información para determinar finalmente los beneficios estructurales y funcionales, además las desventajas y el porcentaje más adecuado para su mejor funcionamiento en toda su vida útil.

La presente tesis se desarrolló en dos etapas, una de ellas en determinar las características del terreno natural, la cual se subdividió en trabajo de campo (1 calicata de 1.50m), trabajo en laboratorio (ensayo granulométrico, compactación - Proctor y CBR) y trabajo en gabinete (gráficos y resultados) y la otra en determinar las características del terreno incluido el cloruro de magnesio, la cual se subdividió en desarrollar ensayos de Compactación - Proctor) y CBR (trabajo de laboratorio) y la obtención de resultados y gráficos (trabajo en gabinete).

#### **2.6 Aspectos éticos**

Toda la información presentada en esta tesis será veraz y con la autorización respectiva de todas las personas involucradas como Ingenieros, Autoridades, etc.

### III. RESULTADOS

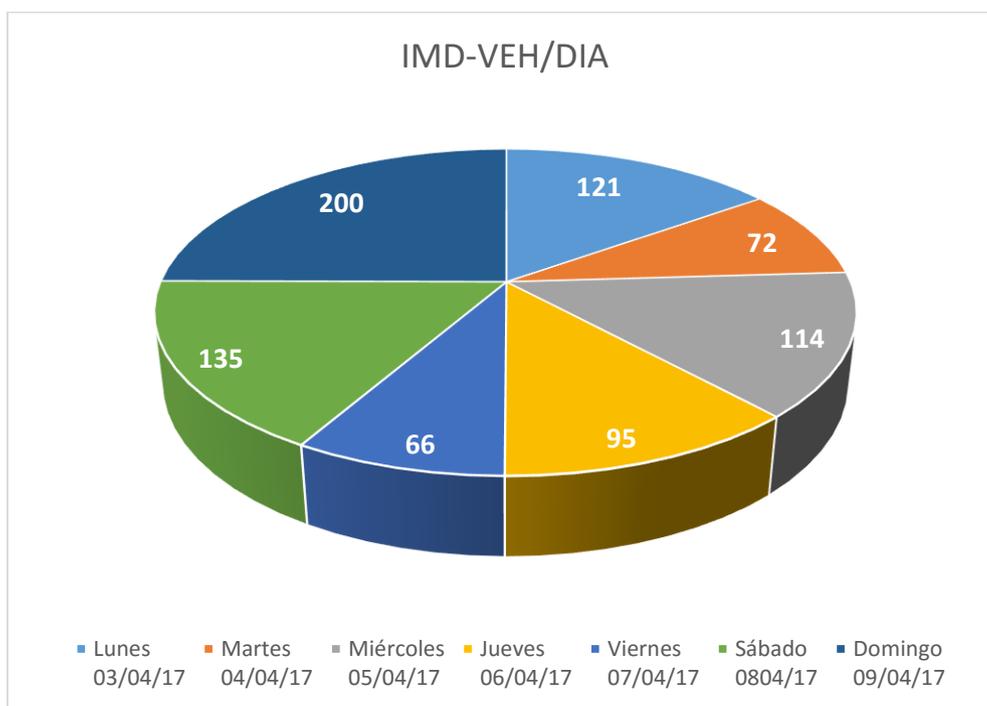
Teniendo definida nuestra matriz de consistencia, procedemos a realizar los trabajos de campo requeridos, para luego analizar la muestra en el laboratorio en base a ensayos. Además, recolectar toda la información necesaria para alcanzar los objetivos.

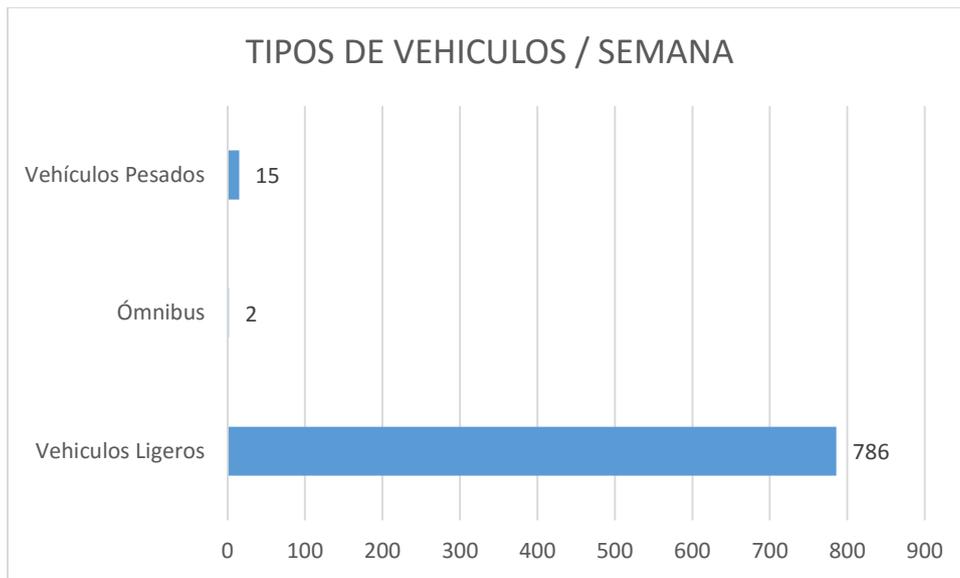
#### 3.1. TIPO DE TRÁFICO

Se calcula el tráfico de la zona de estudio.

TRAFICO				
Día	Vehículos Ligeros	Ómnibus	Vehículos Pesados	Veh/día
Lunes 03/04/17	118	0	3	121
Martes 04/04/17	70	1	1	72
Miércoles 05/04/17	110	1	3	114
Jueves 06/04/17	94	0	1	95
Viernes 07/04/17	62	0	4	66
Sábado 08/04/17	134	0	1	135
Domingo 09/04/17	198	0	2	200
<b>TOTAL</b>	<b>786</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>803</b>

IMD	=	115
-----	---	-----





CAMINO DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO CALZADA (m)	ESTRUCTURA Y SUPERFICIE DE RODADURA – ALTERNATIVAS (**)
T4	201 - 400	2 carriles 6.00 – 7.00	Afirmado (material granular, grava, homogenizado natural o por chancado tamaño máximo 5 cm) con superficie de rodadura (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.60	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 - 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 - 50	1 carril(*) ó 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o a mano, tamaño máximo 5 cm). perfilada y compactada, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra). En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

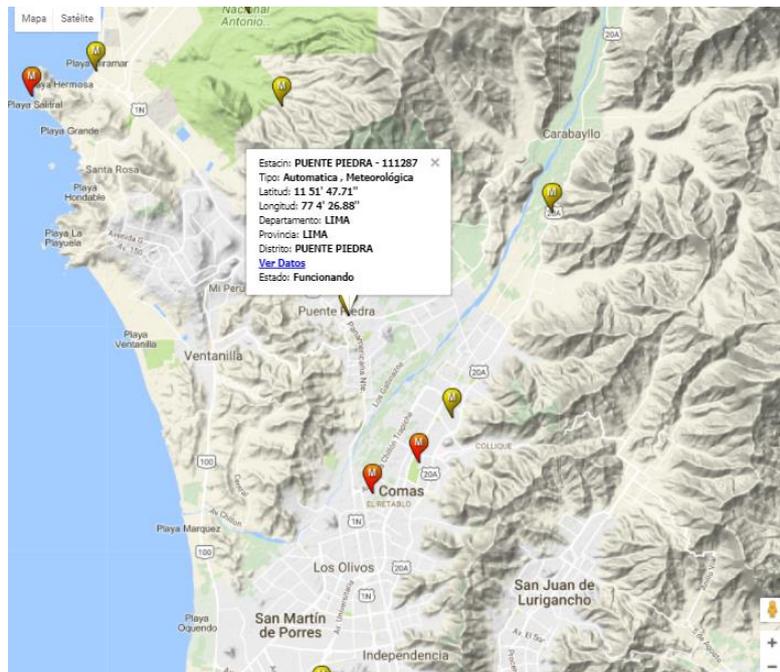
La velocidad de diseño óptima es de 60 km/h, según el manual de carreteras: diseño geométrico revisada y corregida a octubre de 2014, nuestro camino pertenecerá a la clasificación de carreteras de tercera clase ya que su IMD es menos a 400 veh/día. Por lo tanto, según la tabla 204.01 - "rangos de la

velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía." Y siendo un terreno plano podemos asumir la velocidad de 60 km/h.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
<b>Autopista de primera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Autopista de segunda clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de primera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de segunda clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de tercera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

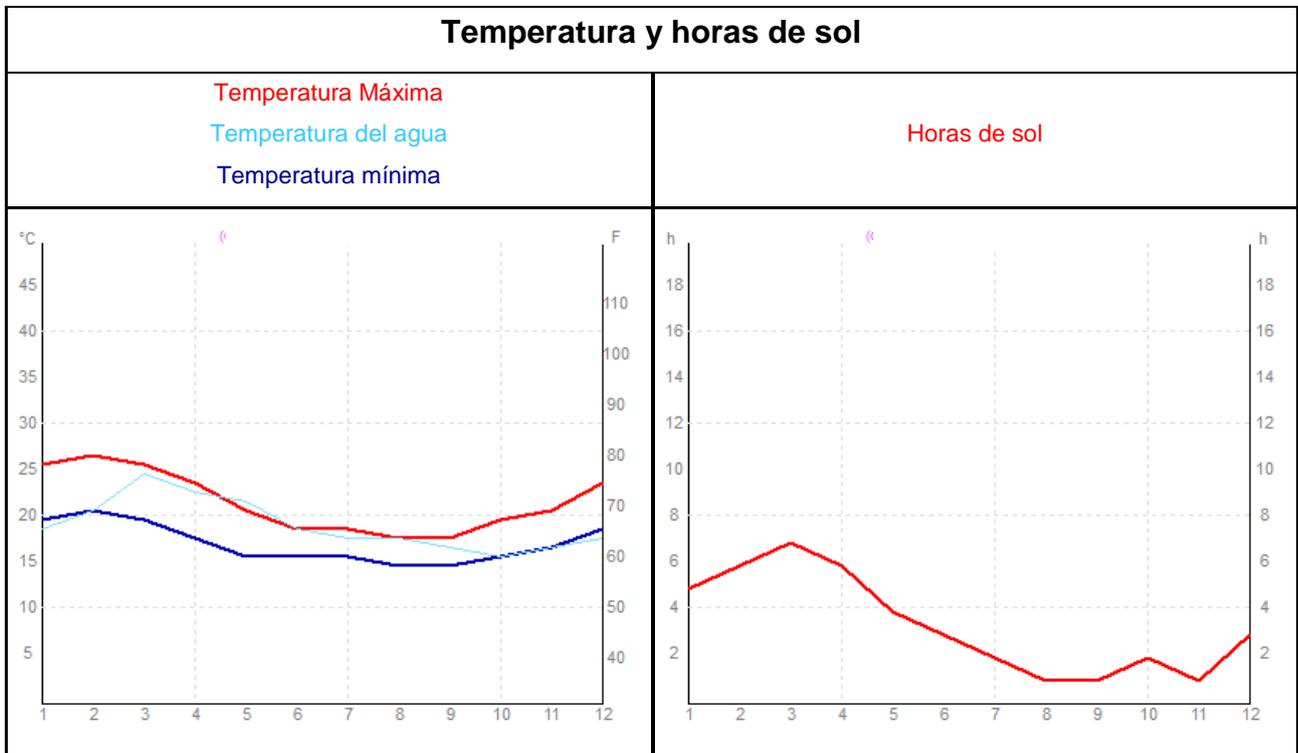
### 3.2. PARÁMETROS CLIMÁTICOS

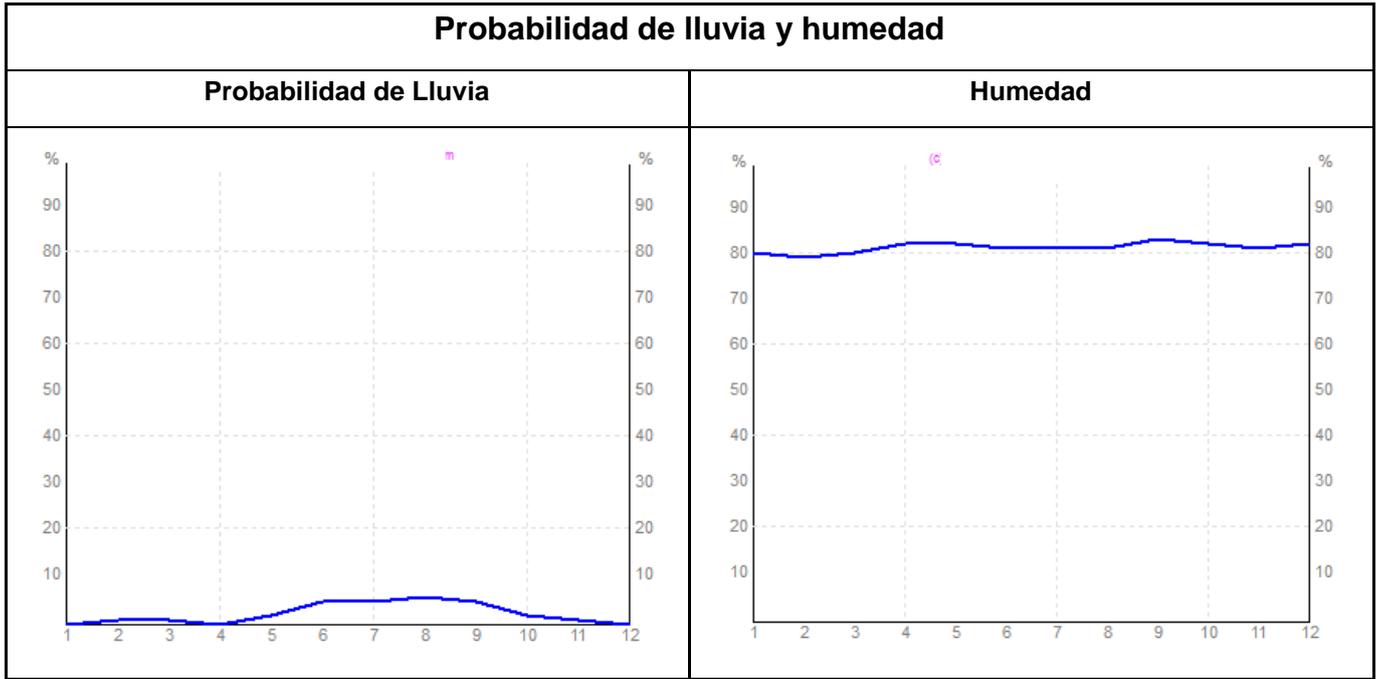
FIGURA N° 04



	Temperatura mínima	Temperatura Máxima	Temperatura del agua	Horas de sol	Precipitación (mm)	Humedad
Enero	20°C 68°F	26°C 79°F	19°C 66°F	5	1	81%
Febrero	21°C 70°F	27°C 81°F	21°C 70°F	6	1	80%
Marzo	20°C 68°F	26°C 79°F	25°C 77°F	7	0	81%
Abril	18°C 64°F	24°C 75°F	23°C 73°F	6	0	83%
Mayo	16°C 61°F	21°C 70°F	22°C 72°F	4	1	83%
Junio	16°C 61°F	19°C 66°F	19°C 66°F	3	2	82%
Julio	16°C 61°F	19°C 66°F	18°C 64°F	2	3	82%
Agosto	15°C 59°F	18°C 64°F	18°C 64°F	1	3	82%
Septiembre	15°C 59°F	18°C 64°F	17°C 63°F	1	3	85%
Octubre	16°C 61°F	20°C 68°F	16°C 61°F	2	1	83%
Noviembre	17°C 63°F	21°C 70°F	17°C 63°F	1	1	82%
Diciembre	19°C 66°F	24°C 75°F	18°C 64°F	3	0	83%

Fuente: Elaboración propia con datos de SENAMHI





Fuente: SENAMHI

### 3.3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

#### 3.3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**(ASTM D 422)**

**PROYECTO:** ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016

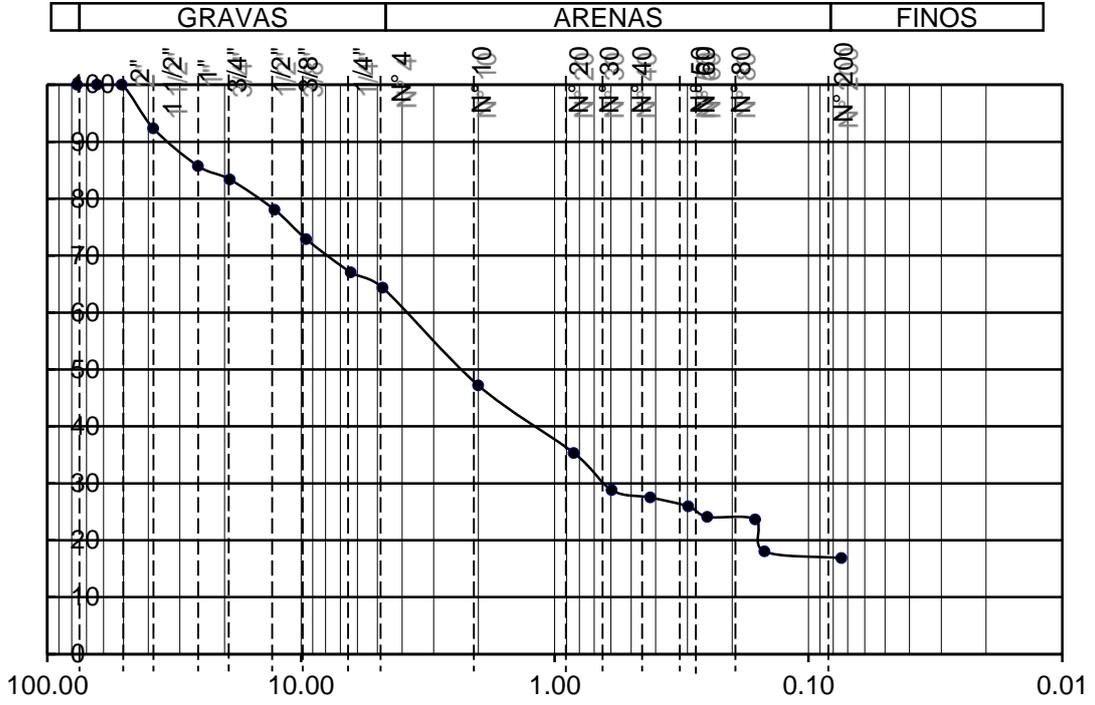
**FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA No 4**

PESO DE LA MUESTRA (gr):	5,644.580	PESO BRUTO DE LA MUESTRA (gr):	3,631.580
PESO. FRACCIÓN RETENIDO No 4 (gr):	2,013.000	P. LAVADA Y SECO AL HORNO (gr):	2,680.450
PESO. FRACCIÓN QUE PASA No 4 (gr):	3,631.580	PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):	951.130

TAMICES A.S.T.M.	DESCRIPCIÓN ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	433.00	7.67	7.67	92.33
1"	25.400	372.00	6.59	14.26	85.74
3/4"	19.050	133.00	2.36	16.62	83.38
1/2"	12.700	300.00	5.31	21.93	78.07
3/8"	9.525	293.00	5.19	27.12	72.88
1/4"	6.350	329.00	5.83	32.95	67.05
N° 4	4.760	153.00	2.71	35.66	64.34
N° 10	2.000	967.53	17.14	52.80	47.20
N° 20	0.841	669.43	11.86	64.66	35.34
N° 30	0.595	370.15	6.56	71.22	28.78
N° 40	0.420	71.75	1.27	72.49	27.51
N° 50	0.297	88.73	1.57	74.06	25.94
N° 60	0.250	103.77	1.84	75.90	24.10
N° 80	0.162	26.06	0.46	76.36	23.64
N° 100	0.149	316.26	5.60	81.97	18.03
N° 200	0.074	66.77	1.18	83.15	16.85
FONDO	-	951.13	16.85	100.00	0.00

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CLASIFICACIÓN A.A.S.H.T.O.	Gravas	35.66	Gruesa Fina	16.62 19.04
<b>SC</b>	<b>A - 2 - 6 (0)</b>	Arenas	47.49	Gruesa Media	17.14 18.42
ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	LL = 30.61 %	Finos	16.85	Media Fina	11.93 16.85
	LP = 16.34 %				
	IP = 14.27 %				
HUMEDAD NATURAL=7.48 %					

# ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO



### 3.3.2. LIMITES DE CONSISTENCIA

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**NORMA (A.S.T.M. D4318)**  
**NORMA (MTC E 110 - MTC E 111)**

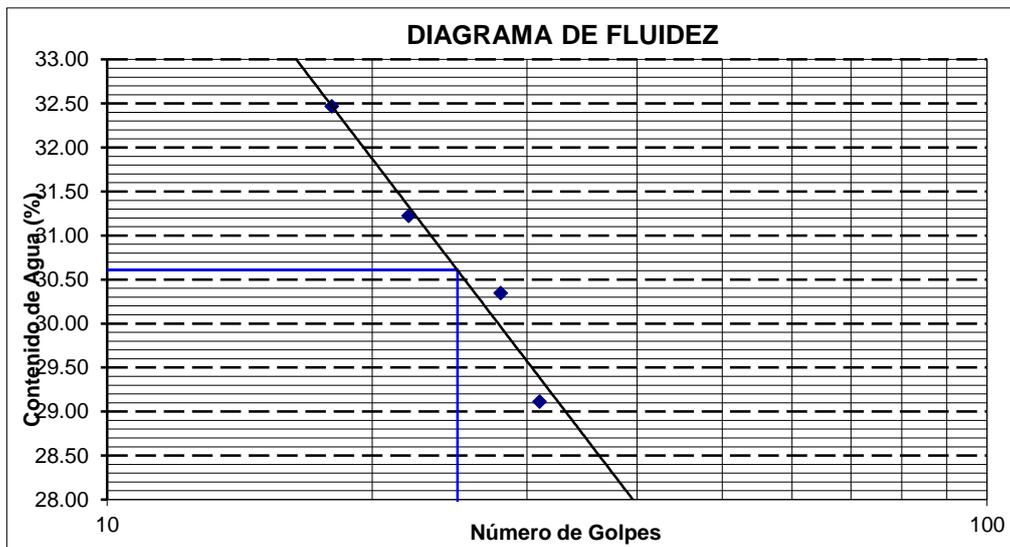
**PROYECTO** ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016

**CALICATA** C-01

**MUESTRA** M - 1

		LIMITE PLÁSTICO		LIMITE LIQUIDO			
		1	2	1	2	3	4
PRUEBA Nº							
FRASCO Nº		15	143	33	89	58	1
Nº DE GOLPES				18	22	28	31
1	PESO FRASCO + SUELO HÚMEDO (GRS)	10.340	9.770	12.740	12.550	12.190	12.760
2	PESO FRASCO + SUELO SECO (GRS)	9.710	9.190	10.990	10.920	10.700	11.150
3	PESO DEL FRASCO (GRS)	5.820	5.670	5.600	5.700	5.790	5.620
4	PESO AGUA (1-2) (GRS)	0.630	0.580	1.750	1.630	1.490	1.610
5	PESO SUELO SECO (2-3) (GRS)	3.890	3.520	5.390	5.220	4.910	5.530
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100) (%)	16.195	16.477	32.468	31.226	30.346	29.114
		<b>L.P. =</b>	<b>16.34</b>		<b>L.L. =</b>	<b>30.61</b>	

**I.P. = 14.27**



### 3.3.3. CONTENIDO DE HUMEDAD

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D2216)

**PROYECTO:** ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN  
EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE  
PIEDRA EN EL 2016

**CALICATA:** C-01

**MUESTRA:** M -1

#### MUESTRAS

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

CALICATA	C- 01	C- 01
MUESTRA N°	M -1	M -1
FRASCO No	28	86
1. PESO DEL FRASCO (GRS)	25.50	36.50
2. PESO FRASCO + SUELO HÚMEDO (GRS)	130.85	118.61
3. PESO FRASCO + SUELO SECO (GRS)	123.56	112.87
4. PESO AGUA (2-3) (GRS)	7.29	5.74
5. PESO SUELO SECO (3-1) (GRS)	98.06	76.37
6. CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100) (%)	7.43	7.52

CH =	7.48
------	------

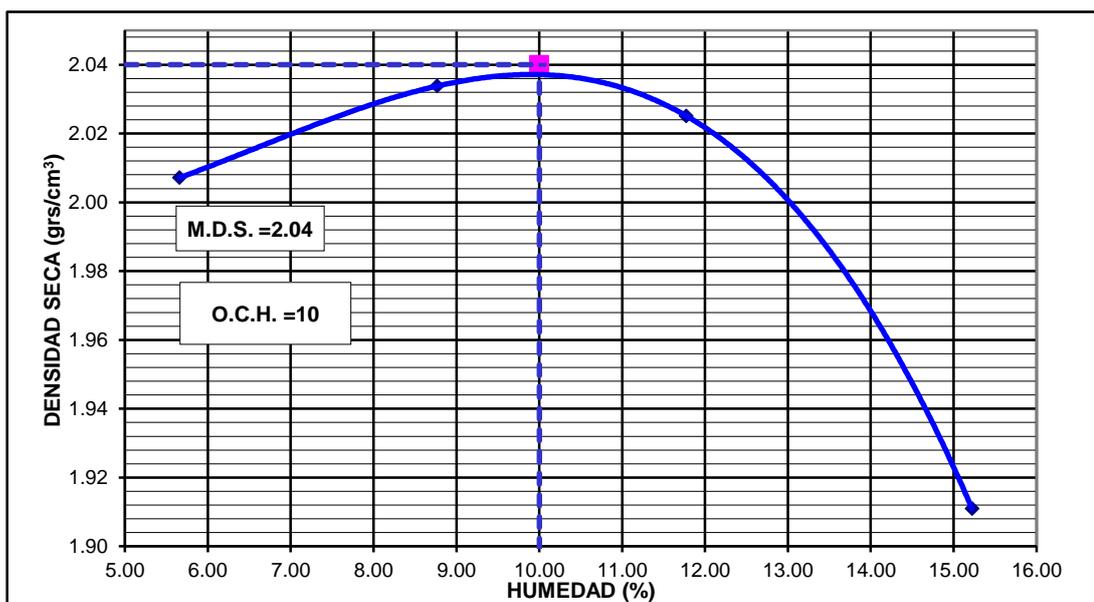
### 3.4. MAX. DENSIDAD SECA Y ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.

#### ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ( ASTM D 1557 )

<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016
<b>UBICACIÓN:</b>	VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA
<b>MUESTRA</b>	PATRÓN
<b>FECHA:</b>	1/06/2017

<b>MOLDE N° :</b>	1
<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b>	A
<b>VOLUMEN (cm3)</b>	924.21

ENSAYO N°	1	2	3	4
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>				
Peso Molde (g)	3946.50	3946.50	3946.50	3946.50
Peso suelo + Molde (g)	5906.50	5991.00	6038.50	5981.50
Peso suelo húmedo compactado (g)	1960.00	2044.50	2092.00	2035.00
Densidad húmeda (g/cm3)	2.121	2.212	2.264	2.202
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Tara (g)	101.40	101.40	66.60	40.10
Peso suelo húmedo + Tara (g)	433.80	371.80	368.50	310.30
Peso suelo seco + Tara (g)	416.00	350.00	336.70	274.60
Peso de agua (g)	17.80	21.80	31.80	35.70
Peso de suelo seco (g)	314.60	248.60	270.10	234.50
Contenido de humedad (%)	5.66	8.77	11.77	15.22
Densidad seca (g/cm3)	2.007	2.034	2.025	1.911

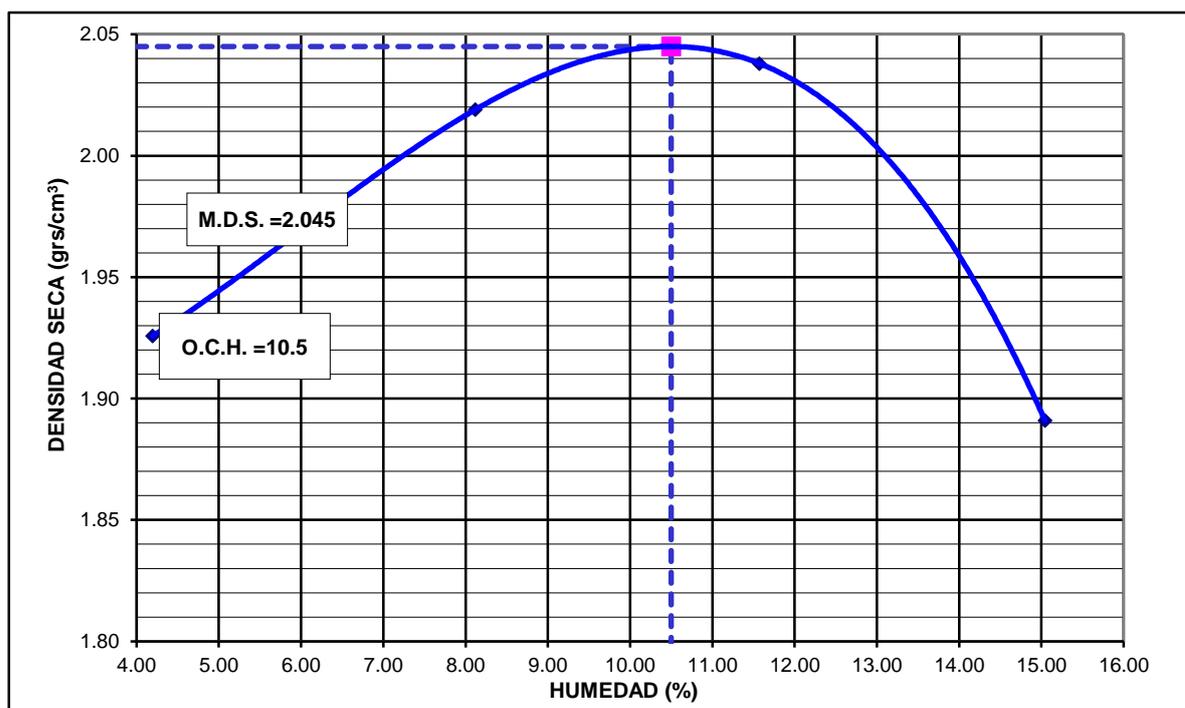


**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)  
(ASTM D 1557)**

<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016
<b>UBICACIÓN:</b>	VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA
<b>MUESTRA</b>	1% DE CLORURO DE MAGNESIO
<b>FECHA :</b>	1/06/2017

<b>MOLDE N° :</b>	1
<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b>	A
<b>VOLUMEN (cm3)</b>	924.21

ENSAYO N°	1	2	3	4
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>				
Peso Molde (g)	3946.50	3946.50	3946.50	3946.50
Peso suelo + Molde (g)	5801.00	5964.00	6048.00	5957.00
Peso suelo húmedo compactado (g)	1854.50	2017.50	2101.50	2010.50
Densidad húmedo (g/cm3)	2.007	2.183	2.274	2.175
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Tara (g)	97.00	69.00	69.00	122.00
Peso suelo húmedo + Tara (g)	395.00	322.00	310.00	382.00
Peso suelo seco + Tara (g)	383.00	303.00	285.00	348.00
Peso de agua (g)	12.00	19.00	25.00	34.00
Peso de suelo seco (g)	286.00	234.00	216.00	226.00
Contenido de humedad (%)	4.20	8.12	11.57	15.04
Densidad seca (g/cm3)	1.926	2.019	2.038	1.891

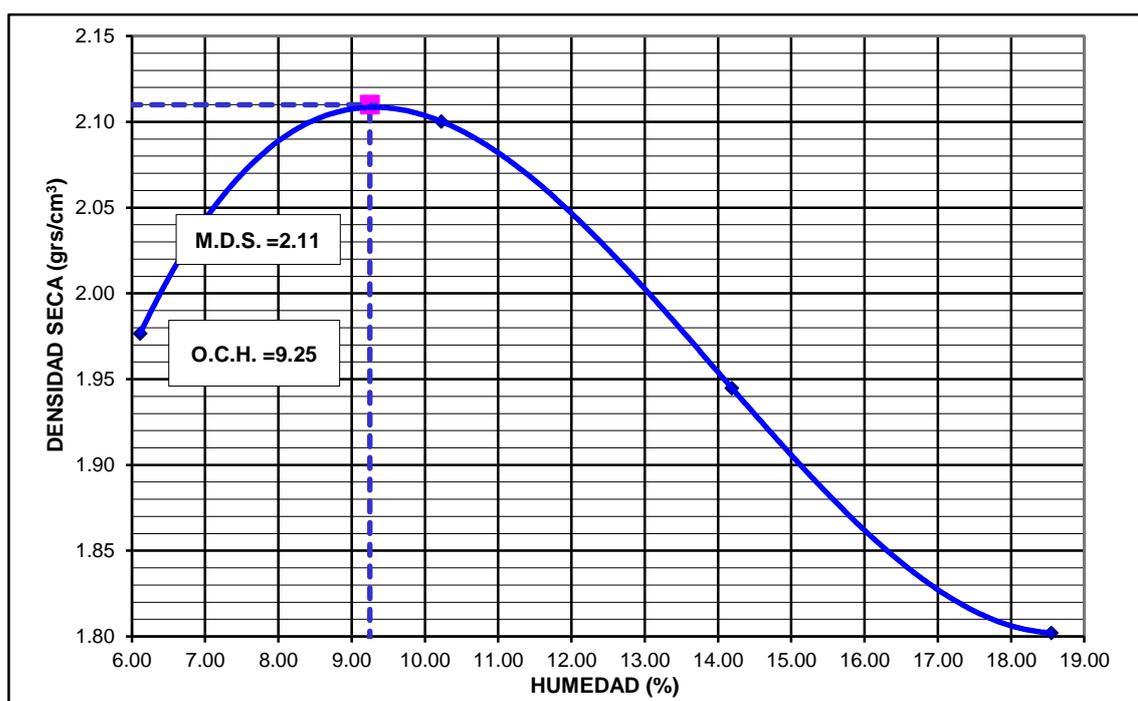


**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)  
( ASTM D 1557 )**

<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016
<b>UBICACIÓN:</b>	VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA
<b>MUESTRA</b>	<b>3% DE CLORURO DE MAGNESIO</b>
<b>FECHA :</b>	1/06/2017

<b>MOLDE N° :</b>	1
<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b>	A
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	924.21

ENSAYO N°	1	2	3	4
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>				
Peso Molde (g)	3946.50	3946.50	3946.50	3946.50
Peso suelo + Molde (g)	5885.00	6086.00	5999.00	5921.00
Peso suelo húmedo compactado (g)	1938.50	2139.50	2052.50	1974.50
Densidad húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.097	2.315	2.221	2.136
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Tara (g)	97.00	69.00	69.00	122.00
Peso suelo húmedo + Tara (g)	392.00	360.00	238.00	416.00
Peso suelo seco + Tara (g)	375.00	333.00	217.00	370.00
Peso de agua (g)	17.00	27.00	21.00	46.00
Peso de suelo seco (g)	278.00	264.00	148.00	248.00
Contenido de humedad (%)	6.12	10.23	14.19	18.55
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.977	2.100	1.945	1.802

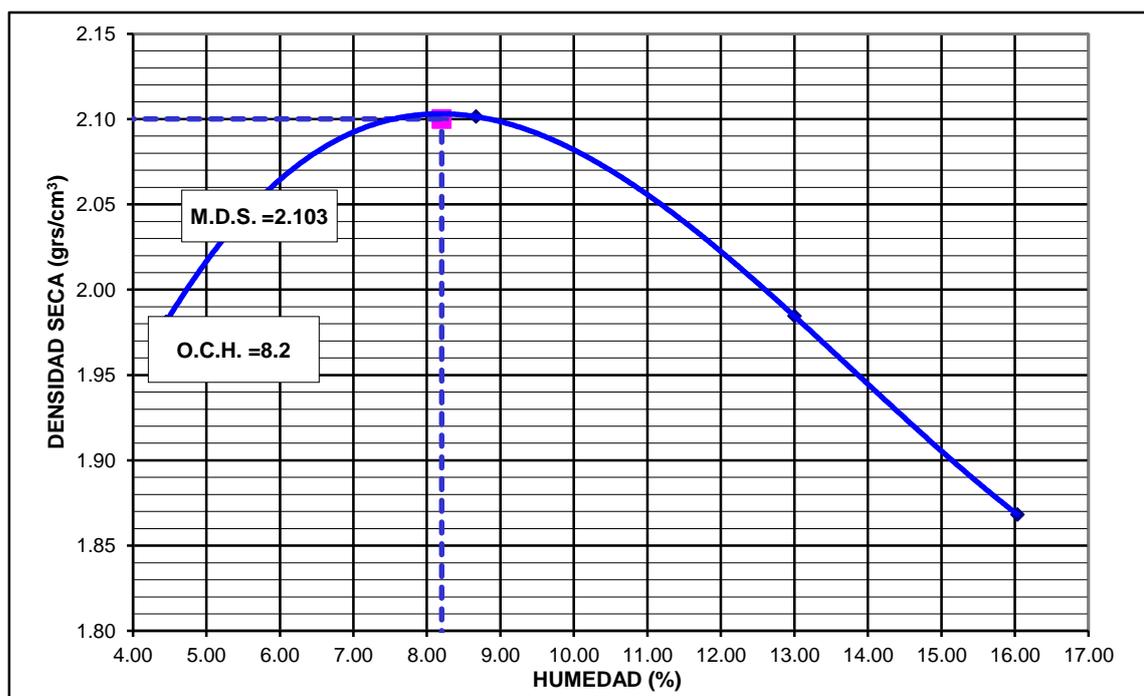


**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)  
( ASTM D 1557 )**

<b>PROYECTO:</b>	ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016
<b>UBICACIÓN:</b>	VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA
<b>MUESTRA</b>	5% DE CLORURO DE MAGNESIO
<b>FECHA :</b>	1/06/2017

<b>MOLDE N° :</b>	1
<b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</b>	A
<b>VOLUMEN (cm3)</b>	924.21

ENSAYO N°	1	2	3	4
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>				
Peso Molde (g)	3946.50	3946.50	3946.50	3946.50
Peso suelo + Molde (g)	5859.00	6057.00	6019.00	5950.00
Peso suelo húmedo compactado (g)	1912.50	2110.50	2072.50	2003.50
Densidad húmedo (g/cm3)	2.069	2.284	2.242	2.168
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
Recipiente N°	1	2	3	4
Tara (g)	97.00	69.00	69.00	122.00
Peso suelo húmedo + Tara (g)	355.00	395.00	295.00	397.00
Peso suelo seco + Tara (g)	344.00	369.00	269.00	359.00
Peso de agua (g)	11.00	26.00	26.00	38.00
Peso de suelo seco (g)	247.00	300.00	200.00	237.00
Contenido de humedad (%)	4.45	8.67	13.00	16.03
Densidad seca (g/cm3)	1.981	2.101	1.984	1.868



### 3.5. RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE.

#### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

**INFORME** : EXP. 029 - LMS 2017  
**SOLICITA** : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
**OBRA** : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUIDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
**LUGAR** : VILLA LAS ORQUIDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
**MATERIAL** : ARENA ARCILLOSA  
**FECHA** : 10/06/2007

#### a).- Ensayo Preliminar de Compactación

##### Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ ) : 2.040  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.0

#### b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.040	1.406	1.224
Contenido de Humedad	10.0	10.0	10.0

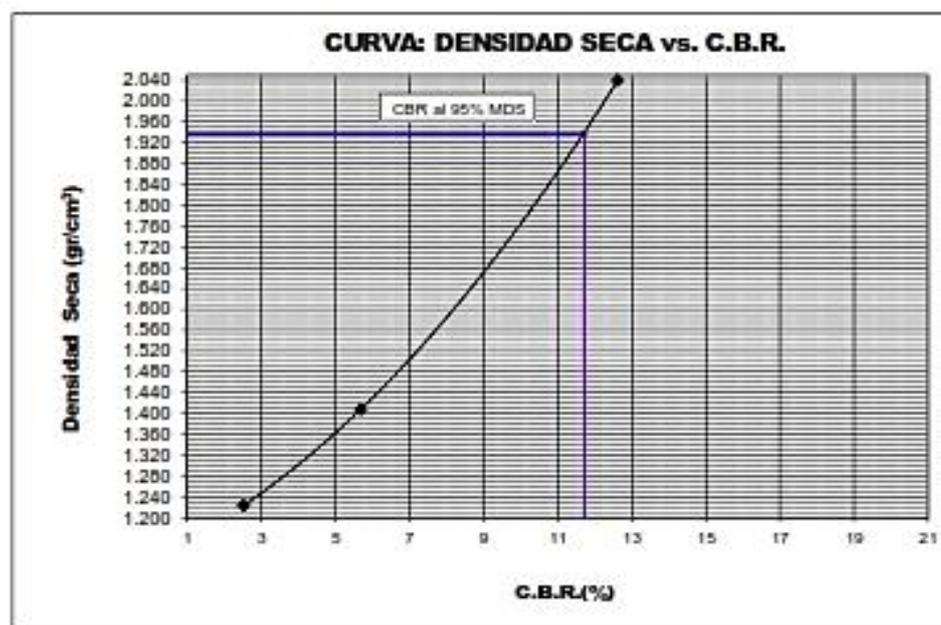
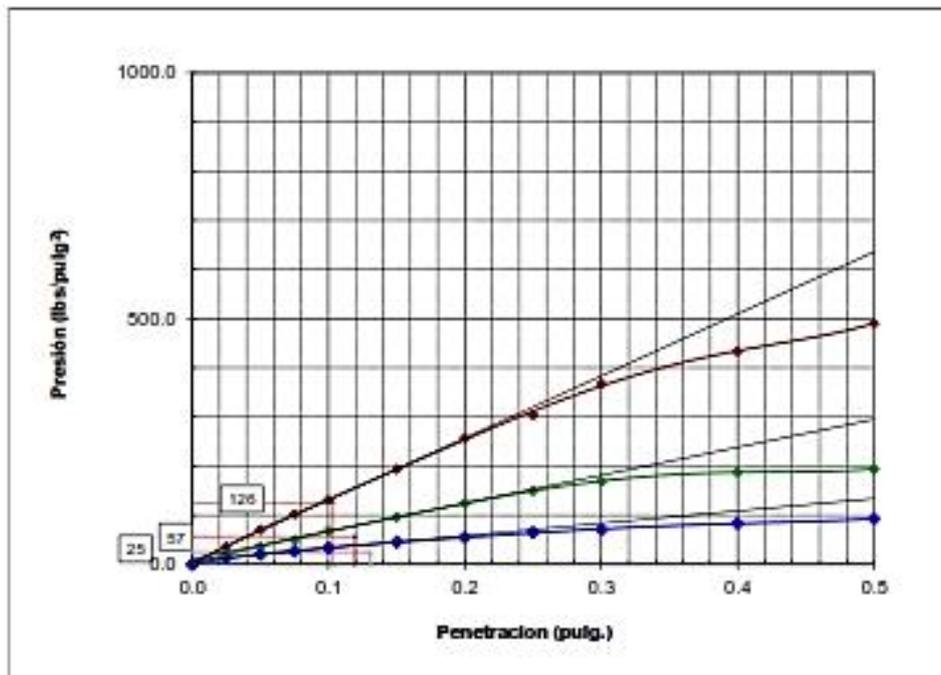
#### c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada ( $\text{Lb/pulg}^2$ )	Presión Patrón ( $\text{Lb/pulg}^2$ )	C.B.R. (%)
I	0.1	126	1000	12.6
II	0.1	57	1000	5.7
III	0.1	25	1000	2.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 12.6 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.7 %

d).- Expansión (%) : 0.0



**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1553.

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

**INFORME** : EXP. 029 - LMS 2017  
**SOLICITA** : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
**OBRA** : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
**LUGAR** : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
**MATERIAL** : 1% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
**FECHA** : 11/06/2017

### a).- Ensayo Preliminar de Compactación

#### Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) : 2.045  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5

### b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2.045	1.436	1.252
Contenido de Humedad	10.5	10.5	10.5

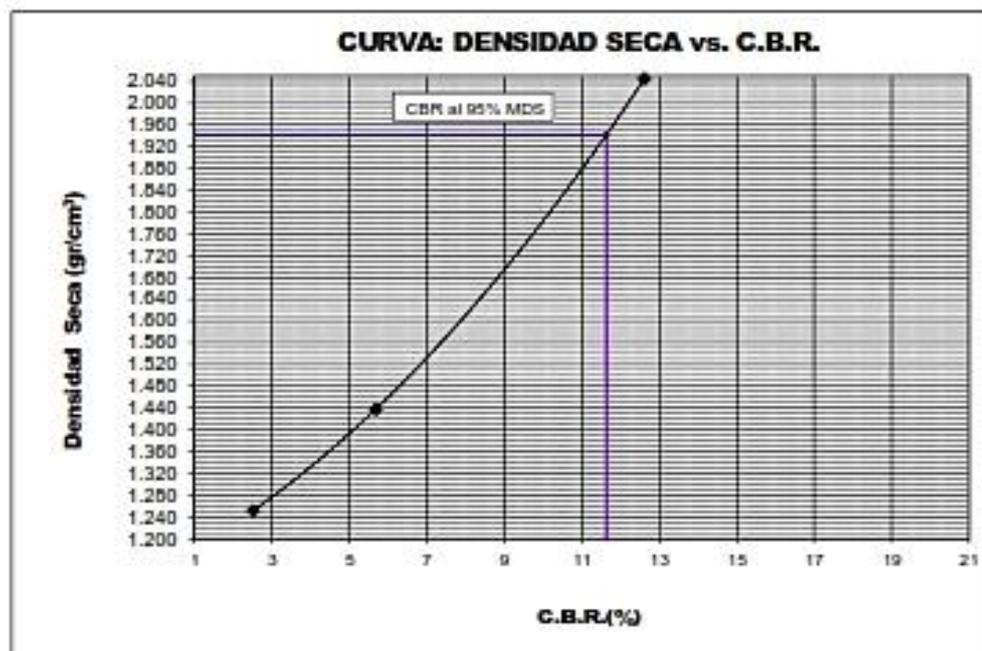
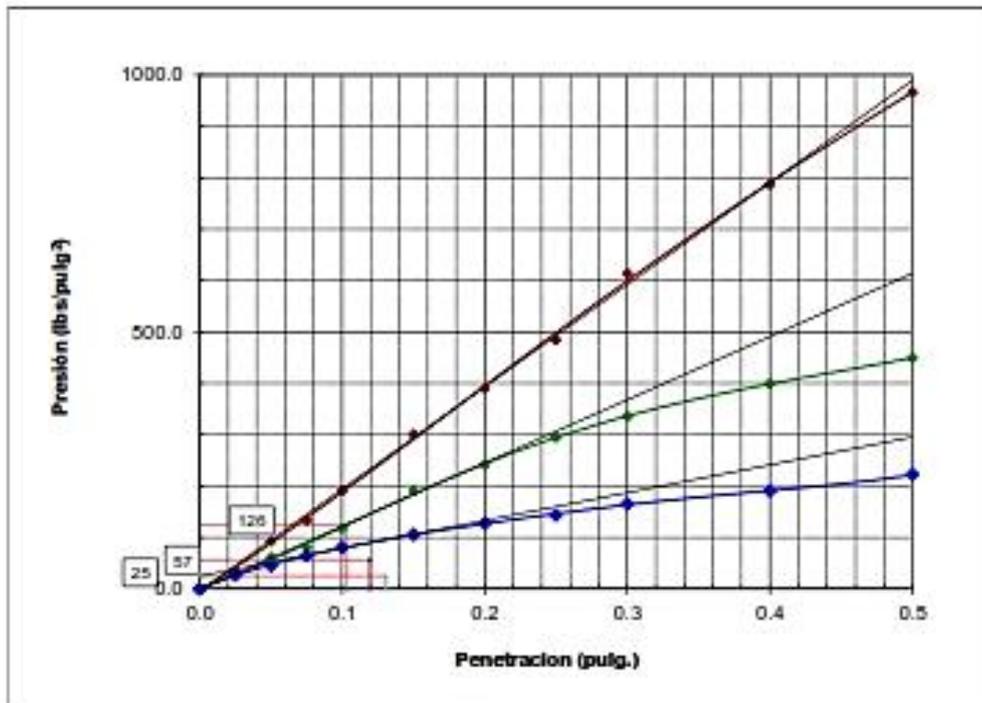
### c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada ( $\text{Lb}/\text{pulg}^2$ )	Presión Patrón ( $\text{Lb}/\text{pulg}^2$ )	C.B.R. (%)
I	0.1	126	1000	12.6
II	0.1	57	1000	5.7
III	0.1	25	1000	2.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 12.6 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.6 %

d).- Expansión (%) : 0.0



**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1553.

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

**INFORME** : EXP. 029 - LMS 2017  
**SOLICITA** : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
**OBRA** : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
**LUGAR** : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
**MATERIAL** : 3% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
**FECHA** : 12/06/2017

### a).- Ensayo Preliminar de Compactación

#### Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.109  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.3

### b).- Compactación de moldes

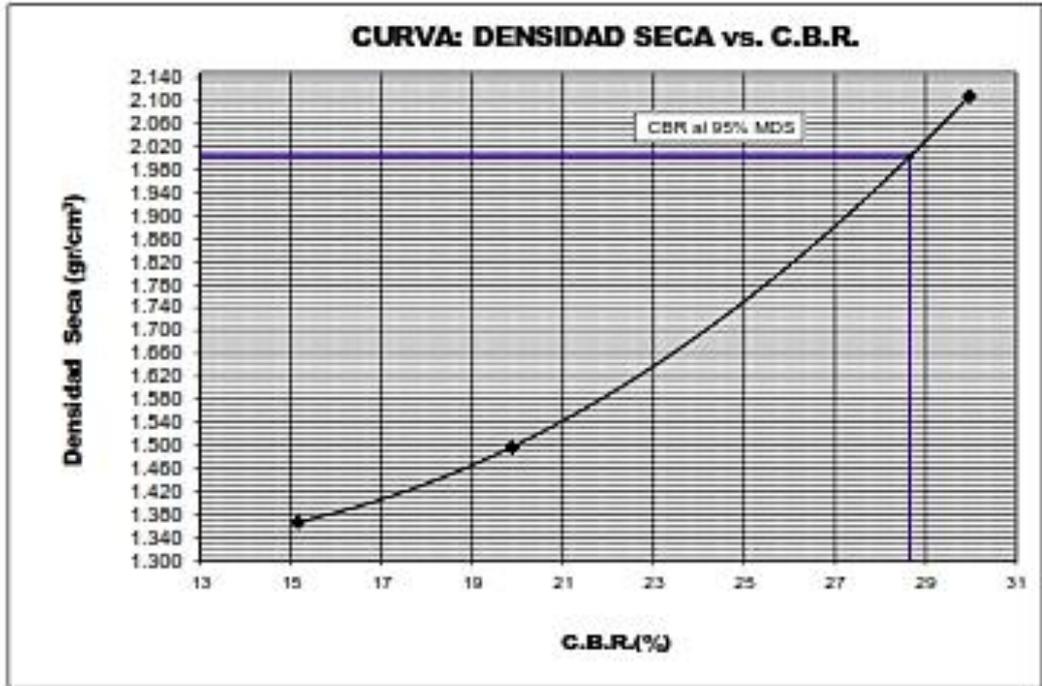
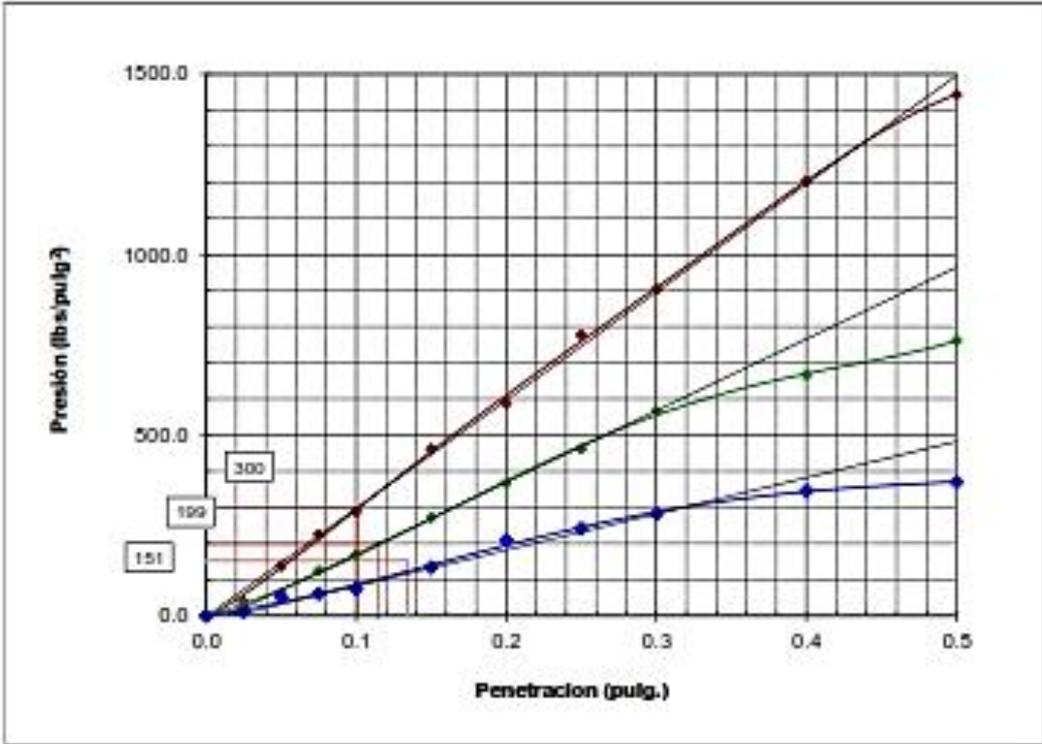
MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.109	1.497	1.367
Contenido de Humedad	9.3	9.3	9.3

### c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	300	1000	30.0
II	0.1	199	1000	19.9
III	0.1	151	1000	15.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 30.0 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 28.7 %

d).- Expansión (%) : 0.0



**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1553.

## ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

**INFORME** : EXP. 029 - LMS 2017  
**SOLICITA** : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
**OBRA** : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
**LUGAR** : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
**MATERIAL** : 5% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
**FECHA** : 12/06/207

### a).- Ensayo Preliminar de Compactación

#### Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ ) : 2.103  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.2

### b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.103	1.544	1.423
Contenido de Humedad	6.2	6.2	6.2

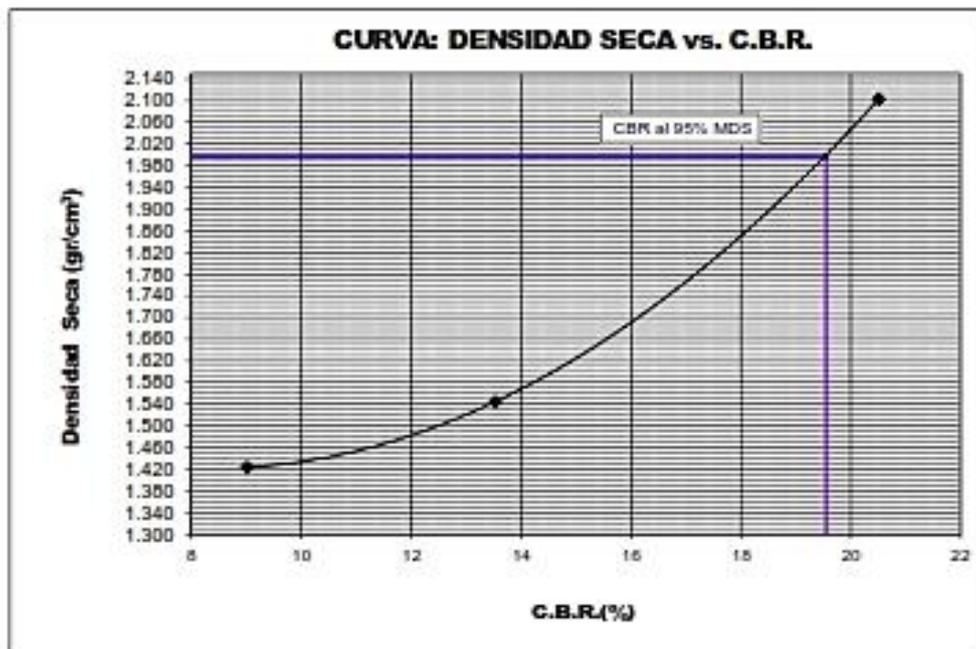
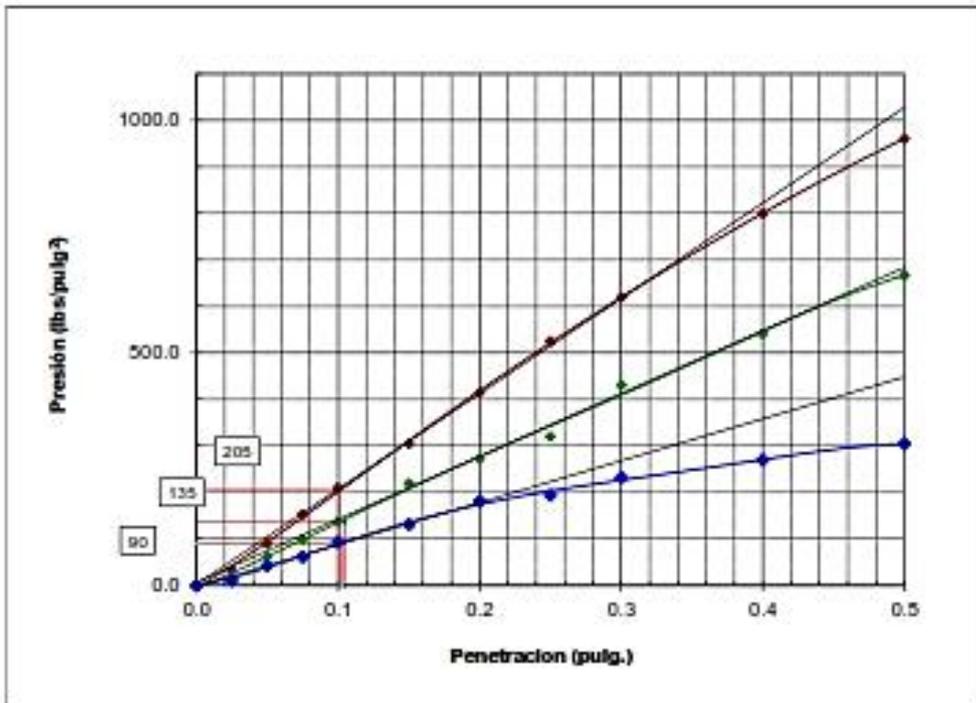
### c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada ( $\text{Lb/pulg}^2$ )	Presión Patrón ( $\text{Lb/pulg}^2$ )	C.B.R. (%)
I	0.1	205	1000	20.5
II	0.1	135	1000	13.5
III	0.1	90	1000	9.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 20.5 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19.6 %

d).- Expansión (%) : 0.0



**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1883.

### **3.6. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.**

Entre las propiedades generales que posee el cloruro de magnesio esta la resistencia a la abrasión de los neumáticos, además de esto reduce entre el 90% a 100% la emisión de polvo del camino. También se suma a estas características la gran durabilidad que puede lograr a tener si se construye y especifica en forma adecuada, puede durar más de tres años sin mantenciones mayores, según las fichas de ROADMAG y LIPLATA PERÚ (VER ANEXOS).

## **IV. DISCUSIÓN**

Después de obtener los resultados, se procede a discutir sobre ellos:

### **4.1. TIPO DE TRÁFICO**

Según el manual de diseño de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC, El tipo de tráfico es adecuado para proceder a usar el cloruro de magnesio. Ya que pertenece a un bajo volumen de tránsito donde no es necesario realizar un asfaltado.

### **4.2. PARÁMETROS CLIMÁTICOS**

Según la tesis “Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos SOILTAC”, entre las propiedades generales del cloruro de magnesio dice:

- Capta y retiene humedad ambiental sobre 32%, emulando un riego sobre el camino

El clima de la zona es el más adecuado para optar por utilizar el cloruro de magnesio como estabilizante químico, ya que la humedad promedio alrededor de 80% y la precipitación es casi nula. Lo cual beneficia al fiel cumplimiento de material.

### **4.3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS**

El tipo de suelo que se tiene es:

- clasificación sucs - SC (arena arcillosa con grava)
- clasificación aashto es A - 1 - a (0),

También se determinó que el suelo posee un índice de plasticidad de 14.47 y un contenido de humedad igual a 7.48%. Con estos resultados ya es viable la utilización de cloruro de magnesio como estabilizador.

### **4.4. MAX. DENSIDAD SECA Y ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Según la tesis “estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio”, los ensayos de compactación (Proctor modificado) dieron

como resultado que los óptimos contenidos de humedad de las muestras con porcentajes diferentes de cloruro de magnesio disminuyeron y que las máximas densidades secas aumentaron.

En esta investigación se obtuvieron resultados muy parecidos:

- El ensayo con el 1 % de cloruro de magnesio presenta casi ningún cambio con respecto al ensayo patrón.
- El ensayo con 3% de cloruro de magnesio es el que presenta una considerable mejora con respecto al ensayo patrón, aumento la máxima densidad seca y se redujo el óptimo contenido de humedad.
- El ensayo con 5% de cloruro de magnesio también mejoro con respecto al ensayo patrón, aumento su máxima densidad seca, pero no logro alcanzar al ensayo con 3% de cloruro de magnesio, por otra parte, el óptimo contenido de humedad se redujo aún más que en el ensayo con 3% de cloruro de magnesio.

#### **4.5. RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE.**

Según la tesis “estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio”, no pudieron verificar el aumento de CBR por motivos de tiempo, pero aseguran que la capacidad de soporte aumenta con el paso del tiempo cada vez más.

En nuestra tesis realizaron los ensayos de CBR y se obtuvieron los siguientes resultados:

- El ensayo con el 1 % de cloruro de magnesio presenta casi ningún cambio con respecto al ensayo patrón.
- El ensayo con 3% de cloruro de magnesio es el que presenta una considerable mejora con respecto al ensayo patrón, el valor de su CBR se duplico de 12.60 (patrón) a 30.00 (3% de cloruro de magnesio).
- El ensayo con 5% de cloruro de magnesio también mejoro con respecto al ensayo patrón, pero no logro alcanzar al ensayo con 3%

de cloruro de magnesio. Su valor de CBR fue de 20.50 (5% de cloruro de magnesio).

#### **4.6. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.**

Según la tesis “Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos SOILTAC”, entre las propiedades generales del cloruro de magnesio dice:

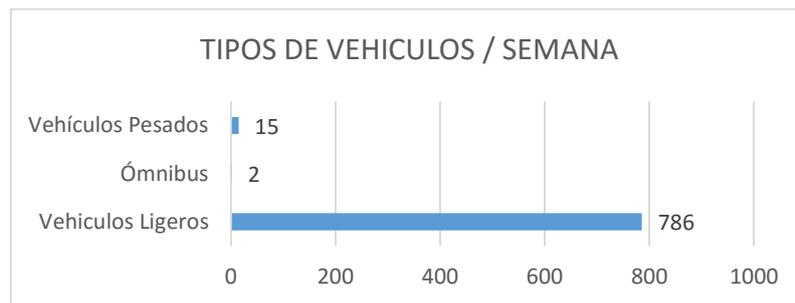
- Cristaliza en la superficie, formando una película resistente a la abrasión de los neumáticos.

En el ANEXO E esta la ficha de datos del cloruro de magnesio.

## V. CONCLUSIONES

Al término de este proyecto de investigación se tienen las siguientes conclusiones:

1. La velocidad de diseño óptima es de 60 km/h,
2. Los vehículos que transitan son:



3. El índice medio diario de tráfico del camino es:  $IMD = 115 \text{ VEH/DÍA}$ , y se adecua con las condiciones para la utilización del cloruro de magnesio.
4. La temperatura y humedad es la adecuada para utilizar el cloruro de magnesio, según las especificaciones en nuestros antecedentes.
5. La precipitación al ser mínima y casi nula en esta zona es perfecta para la durabilidad del camino.

Entonces podemos agregar que entre una de las desventajas que tiene el cloruro de magnesio es que se deben cumplir ciertas características en la zona para poder utilizarlo.

6. Los ensayos básicos de suelos (granulometría, límites de consistencia y contenido de humedad) dieron como resultados un suelo "Arena arcillosa con grava"

GRANULOMETRÍA							
GRAVA			ARENA				FINOS
Gruesa	Fina	%Total	Gruesa	Media	Fina	%Total	%Total
3"-3/4"	3/4"-#4	Grava	#4 - #10	#10 - #40	#40 - #200	Arena	< #200
16.60	19.00	35.60	17.10	19.80	10.70	47.60	16.80

LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLÁSTICO (%)	INDICE PLÁSTICO (%)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
			SUCS	AASHTO	
30.81	16.34	14.48	SC	A-2-6	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA

7. Las propiedades generales del cloruro de magnesio dicen que Cristaliza en la superficie, formando una película resistente a la abrasión de los neumáticos. Además de esto reduce entre el 90% a100% la emisión de polvo del camino. También se suma a estas características la gran durabilidad que puede lograr a tener si se construye y especifica en forma adecuada, puede durar más de tres años sin mantenciones mayores.

Con esta conclusión se logra alcanzar el objetivo de mostrar que beneficios funcionales tiene el cloruro de magnesio.

8. Tras los ensayos de compactación se determinó que la aplicación de magnesio mejora la máxima densidad seca del suelo con un óptimo contenido de humedad menor.

PROCTOR SIN DE CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR CON 1% DE CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR CON 3% DE CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR CON 5% DE CLORURO DE MAGNESIO	
MDS (gr/cm3)	OCH (%)	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	MDS (gr/cm3)	OCH (%)
2.040	10.00	2.045	10.50	2.109	9.30	2.103	8.20

9. También se realizaron los ensayos de CBR y mejoro la resistencia al esfuerzo cortante.

CBR SIN CLORURO DE MAGNESIO (2,5 mm - 0,1 pulg.)		CBR CON 1% DE CLORURO DE MAGNESIO (2,5 mm - 0,1 pulg.)		CBR CON 3% DE CLORURO DE MAGNESIO (2,5 mm - 0,1 pulg.)		CBR CON 5% DE CLORURO DE MAGNESIO (2,5 mm - 0,1 pulg.)	
100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
12.60	11.70	12.60	11.60	<b>30.00</b>	<b>28.70</b>	20.50	19.60

Estas conclusiones nos muestran que el porcentaje óptimo de cloruro de magnesio para nuestro tipo de suelo es de 3%. Con esto se logra nuestro objetivo.

También afirman que el cloruro de magnesio si mejora estructuralmente el suelo por lo tanto se logra el objetivo general.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar los procedimientos constructivos con todas las medidas de seguridad y calidad adecuada para un buen acabado de la vía con el cloruro de magnesio, con esto se asegura que el camino será durable y con poco costo de mantenimiento.
2. El cloruro de magnesio podría ser una gran solución para muchos caminos sin pavimentar en el Perú, solo es cuestión de ponerle más atención y analizar su comportamiento en obras ya realizadas con este aditivo.
3. Si se pretende hacer un proyecto de investigación sobre este tema se recomienda probar hacerlo en suelos muy malos para poder analizar cuál es su comportamiento.
4. El cloruro de magnesio según experiencias de obras ya realizadas, es recomendable usarlo en zonas costeras, o en donde no haya precipitaciones grandes.

## VII. REFERENCIAS

- Carlos, Gutiérrez Montes. (2010). Tesis: “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio” Año 2010. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima - Perú.
- Milton Eduardo, Jiménez Lagos. (2014). Tesis: “Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matemático de Hogg y Viga Benkelman” Año 2014. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima - Perú.
- Héctor Martín, Choque Sánchez. (2012). Tesis: “Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodaduras en carreteras no pavimentadas” Año 2012. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima - Perú.
- Manuel Alexander, Muñoz Arellano (2015). Tesis: “Análisis y evaluación de aditivos químicos en la conservación de carreteras no pavimentadas en el tramo Km 15+000/ Km 15+500 en el distrito de Santo Domingo de Acobamba” Año 2015. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana los Andes. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Huancayo – Perú.
- María Loreto, Araya Díaz. (2010). Tesis: “Análisis comparativo para ejecución de estabilización de suelos, entre procesos tradicionales y el estabilizador de suelos Soiltac” Año 2010. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor. Valdivia - Chile.

- Waldemar Pablo, Cavieres Acevedo. (2008). Tesis: “Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo tránsito” Año 2008. Departamento de Ingeniería Civil. Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Santiago de Chile – Chile.
- Michael R. Mitchell. (2006). Surface-aggregate stabilization with chloride materials. U.S. Department of Agriculture. United states.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2009). “Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito”. Lima Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2014). “Norma Peruana de Diseño Geométrico. DG 2014”. Lima Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Aprobado por la Resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04 de abril del año 2008.
- Chereque, Wendor. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú, 1991
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). “Manual de ensayo de materiales”. Lima Perú.

## **VIII. ANEXOS**

## A. ANEXO 01 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016”									
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES		ÍTEMS	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN			
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué beneficios estructurales brinda la estabilización con cloruro de magnesio en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2017?</li> </ul> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué beneficios funcionales brinda la estabilización con cloruro de magnesio en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2017?</li> <li>¿Qué desventajas tiene estabilizar el suelo con cloruro de magnesio?</li> <li>¿Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio es el más</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los beneficios estructurales que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador químico de suelos en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2017 .</li> </ul> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los beneficios funcionales que tiene el cloruro de magnesio aplicado como estabilizador químico de suelos en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2017.</li> <li>Determinar las desventajas que tiene el cloruro de magnesio aplicado</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El uso del cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos genera varios beneficios estructurales, los cuales hacen de este recurso una buena alternativa.</li> </ul> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El uso del cloruro de magnesio como estabilizador químico de suelos genera varios beneficios funcionales, los cuales hacen de este recurso una buena alternativa.</li> <li>Las desventajas que tiene el cloruro de magnesio como estabilizador químico de caminos se pueden controlar y ser disminuidas con un adecuado</li> </ul>	<b>V1: ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO</b>						
			DIMENSIONES	INDICADORES			D1: DENSIDAD MÁXIMA Y OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	I1: ENSAYO DE COMPACTACIÓN O PROCTOR	¿CUÁL ES LA DENSIDAD MÁXIMA Y EL ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ESTABILIZADO CON CLORURO DE MAGNESIO?
			D2: RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE	I1: ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)					¿CUÁL ES LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DEL SUELO ESTABILIZADO CON CLORURO DE MAGNESIO?
			D3: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	I1: ANTECEDENTES DE ANTERIORES OBRAS ESTABILIZADAS QUÍMICAMENTE			¿EXPLICAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ANTECEDENTES ANTERIORES DE OBRAS DE CARRETERAS ESTABILIZADAS CON CLORURO DE MAGNESIO?		
I2: PROPIEDADES QUÍMICAS DEL CLORURO DE MAGNESIO	¿CUÁLES SON LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL CLORURO DE MAGNESIO QUE AYUDAN A MEJORAR LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN?								

adecuado para el tipo de suelo en estudio?

como estabilizador químico de suelos en el diseño del Camino - Villa Las Orquídeas - Puente Piedra en el 2017.

• Determinar qué porcentaje de cloruro de magnesio es el más adecuado para el tipo de suelo en estudio.

mantenimiento y supervisión de la carretera.

• El porcentaje de cloruro de magnesio que necesita el diseño del pavimento es económicamente favorable.

V2: DISEÑO DEL CAMINO		
DIMENSIONES	INDICADORES	
D1: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.	I1: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	¿CUÁL ES EL TIPO DE SUELO EN ESTUDIO?
	I2: ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	¿CUÁLES SON LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO EN ESTUDIO?
	I3: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	¿CUÁL ES EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN ESTUDIO?
D2: PARÁMETROS CLIMÁTICOS	I1: DATOS DE PRECIPITACIONES DE SENAMHI	¿CUÁL ES LA PRECIPITACIÓN MÍNIMA, MÁXIMA Y PROMEDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO?
	I2: DATOS DE TEMPERATURAS DE SENAMHI	¿CUÁL ES LA TEMPERATURA MÍNIMA, MÁXIMA Y PROMEDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO?
	I3: DATOS DE HUMEDAD DE SENAMHI	¿CUÁL ES LA HUMEDAD MÍNIMA, MÁXIMA Y PROMEDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO?
D3: TIPO DE TRAFICO	I1: ENCUESTAS DE CONTEO TRAFICO	¿CUAL ES EL INDICE MEDIO DIARIO DE TRAFICO DEL CAMINO?
	I2: TIPOS DE VEHÍCULOS	¿CUALES SON LOS TIPOS DE VEHÍCULOS QUE TRANSITAN EL CAMINO?
	I3: DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO	¿CUAL ES LA VELOCIDAD DE DISEÑO OPTIMA PARA EL CAMINO?

## B. ANEXO 02 – OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO</b>	La bischofita o cloruro de magnesio es uno de los recursos más utilizados para estabilizar químicamente los caminos, entre sus propiedades esta la eliminación de polución, aumentar la capacidad a la tracción, aumenta la vida útil de las bases granulares	D1: Densidad máxima y optimo contenido de humedad	I1: ENSAYO DE COMPACTACIÓN O PROCTOR
		D2: Resistencia al esfuerzo cortante	I1: ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
		D3: Resistencia a la abrasión	I1: ANTECEDENTES DE ANTERIORES OBRAS ESTABILIZADAS QUÍMICAMENTE CON CLORURO DE MAGNESIO I2: PROPIEDADES QUÍMICAS DEL CLORURO DE MAGNESIO QUE AYUDAN A MEJORAR LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>DISEÑO DEL CAMINO</b>	El diseño de un camino se realiza por una necesidad social y justificada económicamente. Los conceptos antes mencionados se correlacionan para generar características físicas y técnicas que debe poseer el camino, así obtener óptimos resultados, todo esto para que las comunidades se beneficien con este servicio.	D1: Parámetros geotécnicos.	I1: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
			I2: ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
			I3: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
		D2: Parámetros climáticos	I1: DATOS DE PRECIPITACIONES DE SENAMHI
			I2: DATOS DE TEMPERATURAS DE SENAMHI
			I3: DATOS DE HUMEDAD DE SENAMHI
		D3: tipo de trafico	I1: ENCUESTAS DE CONTEO TRAFICO
			I2: TIPOS DE VEHÍCULOS
			I3: DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

### C. FICHAS RECOLECTORAS DE DATOS

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS										UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO						
TITULO:		"ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUIDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2018"														
AUTOR:		ZAMBRANO CABELLO JEFFERSON ERIC														
VARIABLE 01: ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO	DIMENSION 01: Densidad máxima y óptimo contenido de humedad	INDICADOR 01: ENSAYO DE COMPACTACION O PROCTOR	CALENTA	MUESTRA	PROCTOR 99% CLORURO DE MAGNESIO			PROCTOR 1% DE CLORURO DE MAGNESIO			PROCTOR 3% DE CLORURO DE MAGNESIO		PROCTOR 5% DE CLORURO DE MAGNESIO			
					METODO	MES (gr/uno)	OCH (%)	METODO	MES (gr/uno)	OCH (%)	METODO	MES (gr/uno)	OCH (%)	METODO	MES (gr/uno)	OCH (%)
				C-06	M-C1	A	2.640	10.00	A	2.245	10.30	A	2.288	9.80	A	2.300
	DIMENSION 02: Resistencia al esfuerzo cortante	INDICADOR 01: ENSAYO DE CALIFORNIA STRENGTH RATIO (CSR)	CALENTA	DATOS		CSR SIN CLORURO DE MAGNESIO (0,3 mm - 0,1 pulg.)		CSR CON 1% DE CLORURO DE MAGNESIO (0,3 mm - 0,1 pulg.)		CSR CON 3% DE CLORURO DE MAGNESIO (0,3 mm - 0,1 pulg.)		CSR CON 5% DE CLORURO DE MAGNESIO (0,3 mm - 0,1 pulg.)				
				Muestra	Prot. (n)	100% MES	95% MES	100% MES	95% MES	100% MES	95% MES	100% MES	95% MES			
			C-01	M-01	0.00 - 1.50	32.80	31.70	32.60	31.60	33.60	33.70	32.50	33.80			
	DIMENSION 03: Resistencia a la abrasión	INDICADOR 02: PROPIEDADES QUÍMICAS DEL CLORURO DE MAGNESIO QUE AYUDAN A MEJORAR LA RESISTENCIA A LA ABRACION	<p>¿CUÁLES SON LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL CLORURO DE MAGNESIO QUE AYUDAN A MEJORAR LA RESISTENCIA A LA ABRACION?</p> <p>Según la tesis "ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EJECUCIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ENTRE PROCESOS TRADICIONALES Y EL ESTABILIZADOR DE SUELOS SOLITAC", entre las propiedades generales del cloruro de magnesio dice:</p> <p>• Crea una capa superficial, formando una película resistente a la abrasión de las remanentes.</p> <p>En el ANEXO 01 está la ficha de datos del cloruro de magnesio.</p>													



WILLIAM ARONES BAEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 53808  
JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 48760  
ESPECIALISTA EN CALIDAD  
Y PAVIMENTOS



YONY BAEZ FUENTE  
INGENIERO CIVIL  
CIP 85648  
ESPECIALISTA EN TIPOLOGÍA  
TRAZO Y DISEÑO VIAL

DIMENSION E1: PARAMETROS GEOTECNICOS	INDICADOR 01: ENSAJO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	CALICATA	PROGRESIVA	DATOS		GRANULOMETRIA							
				Muestra	Prof. (m)	ARENA			ARCILLA			Total	Sieved
						Grava	Fin	Sieved	Grava	Medio	Fin		
						1" - 3/4"	3/4" - #4	Grava	#4 - #10	#10 - #60	#60 - #200		
C-01	00+190	M-01	0.00 - 1.50	16.60	18.00	15.00	27.10	10.00	10.70	47.60	16.80		

DIMENSION E1: PARAMETROS GEOTECNICOS	INDICADOR 02: ENSAJO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	CALICATA	PROGRESIVA	DATOS			CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO		
				Muestra	Prof. (m)	LIMITE LIQUIDO (N)	LIMITE PLASTICO (N)	INDICE PLASTICO (N)		SUS	AASHO
C-01	00+190	M-01	0.00 - 1.50	30.81	18.24	14.48	SC	A-2-6	ARCILLA ARELLOSA CON GRASA		

DIMENSION E1: PARAMETROS GEOTECNICOS	INDICADOR 03: ENSAJO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	CALICATA	CONT. HUMEDAD (%)

DIMENSION E2: PARAMETROS CLIMATICOS	I1: DATOS DE PRECIPITACIONES DE SEMANA	¿CUAL ES LA PRECIPITACION MINIMA, MAXIMA Y PROMEDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO?	
			PRECIPITACION MINIMA: 0mm PRECIPITACION MAXIMA: 36mm PRECIPITACION PROMEDIO: 26mm
	I2: DATOS DE TEMPERATURAS DE SEMANA	¿CUAL ES LA TEMPERATURA MINIMA, MAXIMA Y PROMEDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO?	
			TEMPERATURA MINIMA: 15 °C TEMPERATURA MAXIMA: 27 °C TEMPERATURA PROMEDIO: 21 °C
I3: DATOS DE HUMEDAD DE SEMANA	¿CUAL ES LA HUMEDAD MINIMA, MAXIMA Y PROMEDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO?		
		HUMEDAD MINIMA: 80% HUMEDAD MAXIMA: 85% HUMEDAD PROMEDIO: 83%	



WILLIAM ARONES BAEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 53078  
JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 19470  
ESPECIALISTA EN SUELOS  
Y PAVIMENTOS



YONY BAEZ DE LA CRUZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 15340  
ESPECIALISTA EN TOPOGRAFIA  
TRAZO Y DISEÑO

VARIABLE 02: DISEÑO DEL CAMINO VIAL	DIMENSION 02: TIPO DE TRAZO	I: ENCUESTAS DE CONTO TRAFICO	<p>¿CUAL ES EL INDICE MEDIO DIARIO DE TRAFICO DEL CAMINO?</p> <p>IMD = 125 VEH/DIA</p>
		II: TIPOS DE VEHICULOS	<p>¿Cuales SON LOS TIPOS DE VEHICULOS QUE TRANSPORTAN EL CAMINO?</p> <p>LOS VEHICULOS QUE TRANSPORTAN SON:</p>
		III: DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO	<p>¿CUAL ES LA VELOCIDAD DE DISEÑO OPTIMA PARA EL CAMINO?</p> <p>LA VELOCIDAD DE DISEÑO OPTIMA ES DE 60 KM/H, SEGUN EL MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMETRICO REVISADO Y CORREGIDO A OCTUBRE DE 2014, NUESTRO CAMINO PERTENECE A LA CLASIFICACION DE CARRETERAS DE TERCERA CLASE YA QUE SU IMD ES MENOS A 400 VEH/DIA, POR LO TANTO SEGUN LA TABLA 204.02 - "RANGOS DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO EN FUNCION A LA CLASIFICACION DE LA CARRETERA POR DEMANDA Y OROGRAFIA" Y SIENDO UN TERRENO PLANO PODEMOS ASUMIR LA VELOCIDAD DE 60 KM/H.</p>



*W. Baes*  
**WILLIAM ARONES BAES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 52981  
 SUJE. DE INGENIERIA



*E. Zaga*  
**EDGAR ZAGA DE LA CRUZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82740  
 ESPECIALISTA EN SANEAMIENTO Y PAVIMENTOS



*Y. Baes*  
**YONY BAES Y LAFUERTE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82500  
 ESPECIALISTA EN TOPOGRAFIA TRAZO Y DISEÑO VIAL

## D. PANEL FOTOGRÁFICO

### EXCAVACION DE CALICATA ( C-01)



Se inicia la excavacion de la calicata



Se almacenan las muestras en sacos



Culmina la extracción de la muestra



Camino en estudio

### ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)

#### 1. DETERMINACION DEL METODO QUE SE EMPLEARA



Se inician los trabajos en el laboratorio seleccionando los materiales a usar



Tamizamos la muestra por el tamiz 3/4"



Tamiz 3/8"



Tamiz N° 04



Se clasifican los retenidos en cada malla.



Se recoge el pasante de la malla N° 04.



Se procede a pesar el retenido de la malla 3/4"



Se procede a pesar el retenido de la malla 3/8"

	
<p>Se procede a pesar el retenido de la malla N° 04</p>	<p>Se procede a pesar el pasante de la malla N° 04</p>
<p>Después de todo este procedimiento se obtuvo que el método para este suelo es el MÉTODO "A".</p>	
<p><b>2. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO PROCTOR MÉTODO "A"</b></p>	
<p><b>2.1. PROCTOR PATRÓN</b></p>	
	
<p>Se procede a dividir la muestra pasante por la malla N° 04 en cuatro partes de 3kg cada una.</p>	<p>Con ayuda de una probeta graduada se agrega agua a las muestras.</p>



Se agrega agua en proporciones de 0%, 3%, 6%, 9%.



0% de agua



3% de agua



6% de agua



<p>9% de agua</p>	<p>Despues se realiza la compactacion del material de cada bandeja</p>
	
<p>Compactando el material 25 golpes</p>	<p>Se realizan los pesados de molde vacío y con el suelo compactado</p>
	
<p>De cada proctor se toma una muestra para calcular la humedad</p>	<p>Se pesa cada recipiente</p>
	
<p>Se pesa cada recipiente</p>	<p>Luego se lleva al horno los cuatro recipientes durante 24 horas</p>



Luego de secado se pesan



Luego de secado se pesan



Luego de secado se pesan



Luego de secado se pesan

Después de obtener los resultados se produce la curva de compactación y se halla la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

## 2.2. PROCTOR CON 1% DE CLORURO DE MAGNESIO



Se agrega agua en proporciones de 1%, 5%, 9%, 13%.



Se agrega el cloruro de magnesio en proporción de 1% para cada uno de los porcentajes de agua.



Se mezcla el agua con el cloruro de magnesio



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados



Se pesas los recipientes para el contenido de humedad



Se pesas los recipientes para el contenido de humedad



Se pesas los recipientes para el contenido de humedad



Se pesas los recipientes para el contenido de humedad



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la primera muestra compactada



Se tienen 4 muestras con diferentes porcentajes de agua y 1% de cloruro de magnesio en cada una



Se tienen 4 muestras con diferentes porcentajes de agua y 1% de cloruro de magnesio en cada una



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la segunda muestra compactada

	
<p>Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la tercera muestra compactada</p>	<p>Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la cuarta muestra compactada</p>
	
<p>Las muestras se secan en el horno por 24 horas.</p>	<p>Las muestras secadas en el horno de pesan y se apuntan.</p>
<p>Después de obtener los resultados se produce la curva de compactación y se halla la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.</p>	

### 2.3. PROCTOR CON 3% DE CLORURO DE MAGNESIO



Se pesan 4 muestras de 3 kilos cada una



Se agrega agua en proporciones de 1%, 5%, 9%, 13%.



Se agrega el cloruro de magnesio en proporción de 3% para cada uno de los porcentajes de agua.



Se tienen 4 muestras con diferentes porcentajes de agua y 3% de cloruro de magnesio en cada una.



Se compactan las muestras.



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la primera muestra compactada



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la segunda muestra compactada



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la tercera muestra compactada



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la cuarta muestra compactada



Las muestras secadas en el horno de pesan y se apuntan.

Después de obtener los resultados se produce la curva de compactación y se halla la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

## 2.4. PROCTOR CON 5% DE CLORURO DE MAGNESIO



Se agrega el cloruro de magnesio en proporción de 5% para cada uno de los porcentajes de agua.



Se agrega agua en proporciones de 1%, 5%, 9%, 13%.



Se tienen 4 muestras con diferentes porcentajes de agua y 5% de cloruro de magnesio en cada una.



Se compactan las muestras.



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados.



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la primera muestra compactada.



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados.



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la segunda muestra compactada.



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados.



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la tercera muestra compactada.



Se realiza la compactación de cada una de las muestras obteniendo los pesos de suelo compactados.



Se toma una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad de la cuarta muestra compactada.



Las muestras secadas en el horno de pesan y se apuntan.

Las muestras secadas en el horno de pesan y se apuntan.

Después de obtener los resultados se produce la curva de compactación y se halla la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

# ENSAYO CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO: ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)

## 1. CBR PATRON



Se preparan los materiales a utilizar, los moldes, contrapesa, pistones, etc.



Se seleccionan 3 muestras de 6 kilos cada una. A las cuales se las llevo al optimo contenido de humedad obtenido en el ensayo de proctor.



Se toman muestras para verificar el contenido de humedad y se las seca en el horno por 24 horas.



Se toman muestras para verificar el contenido de humedad y se las seca en el horno por 24 horas.



Ya secadas las muestras se pesas y se calcula el contenido de humedad.

Ya secadas las muestras se pesas y se calcula el contenido de humedad.



Se pesan los moldes de CBR

Se pesan los moldes de CBR



Se pesan los moldes de CBR

Se compacta en 5 capas y 56 golpes a la primera muestra y se pesa el suelo compactado



Se pesan los recipientes para el contenido de humedad

Se pesan los recipientes para el contenido de humedad



Se pesan los recipientes para el contenido de humedad



Se toma una muestra de la primera compactacion para hallar el contenido de humedad



Compactacion de la segunda muestra



Materiales a usar en el ensayo



Muestra de 6 kilos



Se compacta en 5 capas y 25 golpes a la segunda muestra y se pesa el suelo compactado



Se toma una muestra de la segunda compactacion para hallar el contenido de humedad



Se compacta en 5 capas y 12 golpes a la tercera muestra y se pesa el suelo compactado



Se toma una muestra de la tercera compactacion para hallar el contenido de humedad



Una vez compactado todo, se procede a sumergir los moldes con el suelo compactado en agua para saturarlas durante 4 dias.



Se mide la expansion de cada molde



Se mide la expansion de cada molde



Se mide la expansión de cada molde



Las muestras secas se retiran del  
horno



Se pesan las muestras secas para  
hallar el contenido de humedad.



Se pesan las muestras secas para  
hallar el contenido de humedad.



Se pesan las muestras secas para  
hallar el contenido de humedad.



Luego de 1 día se mide la expansión.



Luego de 1 día se mide la expansión.



Luego de 1 día se mide la expansión.



Pasado los 4 días se retiran los moldes del agua y se deja en el piso para que drenen.



Se procede a preparar los moldes para la maquina CBR.



Se procede a preparar los moldes para la maquina CBR.



Se prepara la máquina de CBR



Se coloca el molde en la maquina.



Se inicia el procedimiento de penetración – tiempo.



Los moldes ensayados quedan de esta manera



Fin del ensayo de, procesa la informacion en gabinetete.

Después de obtener los resultados se obtiene el CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca.

## 2. CBR CON 1% DE CLORURO DE MAGNESIO

Para empezar debemos llevar nuestras muestras al optimo contenido de humedad obtenido del ensayo proctor y agregar 1% de cloruro de magnesio.



Luego se separan 3 muestras de 6 kilos cada una.



Se pesan los moldes de CBR



Se pesan los moldes de CBR



Se pesan los moldes de CBR



Se compacta en 5 capas y 56 golpes a la primera muestra, 5 capas y 25 golpes a la segunda muestra, 5 capas



Se toma una muestra de la primera, segunda y tercera compactacion y se las lleva la horno para obtener los

y 12 golpes a la tercera muestra y se pesan los suelos compactados



pesos húmedos y secos para hallar el contenido de humedad.



Una vez compactado todo, se procede a sumergir los moldes con el suelo compactado en agua para saturarlas durante 4 días.

Se mide la expansión de cada molde



Luego de 1 día se mide la expansión.

Pasado los 4 días se retiran los moldes del agua y se deja en el piso para que drenen.



<p>Se inicia el procedimiento de penetración – tiempo.</p>	<p>Los moldes ensayados quedan de esta manera</p>
<p>Después de obtener los resultados se obtiene el CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca.</p>	
<p><b>3. CBR CON 3% DE CLORURO DE MAGNESIO</b></p>	
<p>Para empezar debemos llevar nuestras muestras al optimo contenido de humedad obtenido del ensayo proctor y agregar 3% de cloruro de magnesio.</p>	
	
<p>Luego se separan 3 muestras de 6 kilos cada una.</p>	<p>Se compacta en 5 capas y 56 golpes a la primera muestra y se pesa el suelo compactado</p>
	
<p>Despues de compactado se colocan las contrapesas encima del suelo compactado</p>	<p>Despues de compactado se colocan las contrapesas encima del suelo compactado</p>



Se compacta en 5 capas y 25 golpes a la segunda muestra y se pesa el suelo compactado



Se compacta en 5 capas y 12 golpes a la tercera muestra y se pesa el suelo compactado



Se preparan los moldes para ser suemrgidas en agua para saturarlas



Se mide la expansión de cada molde.



Luego de 1 día se mide la expansión.



Pasado los 4 días se retiran los moldes del agua y se dejan drenar..

	
<p>Se inicia el procedimiento de penetración – tiempo.</p>	<p>Los moldes ensayados quedan de esta manera</p>
<p>Después de obtener los resultados se obtiene el CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca.</p>	
<p><b>4. CBR CON 5% DE CLORURO DE MAGNESIO</b></p>	
<p>Para empezar debemos llevar nuestras muestras al optimo contenido de humedad obtenido del ensayo proctor y agregar 5% de cloruro de magnesio.</p>	
	
<p>Luego se separan 3 muestras de 6 kilos cada una.</p>	<p>Se pesan los moldes de CBR</p>
	
<p>Se pesan los moldes de CBR</p>	<p>Se pesan los moldes de CBR</p>



Se compacta en 5 capas y 56 golpes a la primera muestra y se pesa el suelo compactado



Se compacta en 5 capas y 25 golpes a la segunda muestra y se pesa el suelo compactado



Se compacta en 5 capas y 12 golpes a la tercera muestra y se pesa el suelo compactado



Se preparan los moldes para ser suemrgidas en agua para saturarlas



Se toman muestras para secarlas en el horno y hallar el contenido de humedad.



Las muestras se sumergen en agua y luego se mide la expansion de cada molde.

	
<p>Luego de 1 día se mide la expansión.</p>	<p>Pasado los 4 días se retiran los moldes del agua y se dejan drenar..</p>
	
<p>Se inicia el procedimiento de penetración – tiempo.</p>	<p>Los moldes ensayados quedan de esta manera</p>
<p>Después de obtener los resultados se obtiene el CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca.</p>	

## E. FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL CLORURO DE MAGNESIO

	<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	Página 1 de 7
<b>CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO (MgCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O)</b>		

### 1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA EMPRESA

<b>Nombre Comercial</b>	: Cloruro de Magnesio Hexahidratado
<b>Sinónimos</b>	: Bischofita, Sal de Magnesio
<b>Formula Química</b>	: MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O
<b>Peso Molecular</b>	: 203,31 g/mol
<b>Uso</b>	: Agente de control de emisión de polvo y estabilizador para caminos no pavimentados. El producto se aplica diluido en agua.
<b>Identificación de la Empresa</b>	: Pontificia Universidad Javeriana www.javerianacall.edu.co
<b>Número Telefónico</b>	: PBX. (572) 321 8200 – 711: Emergencias Médicas 555: Servicios Generales

### 2. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

<b>Identificación de Riesgos</b>	: Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez)
<b>Síntomas relacionados con la exposición</b>	
<b>- Inhalación</b>	: La inhalación de polvo en suspensión puede irritar la boca, nariz y otros tejidos del sistema respiratorio y causar tos y estornudos. Los síntomas generalmente se alivian cuando termina la exposición al producto. La inhalación de humos por descomposición (sobre 116°C) puede causar fiebre metálica. Los síntomas de esta fiebre son escalofríos, tos, fatiga, dolor al pecho, dolor muscular y un aumento de glóbulos blancos.
<b>- Contacto con los ojos</b>	: Puede irritar los ojos; los síntomas son dolor, exceso de lágrimas y enrojecimiento.
<b>- Contacto con la piel</b>	: La sobreexposición puede causar irritación y alergias. Las exposiciones prolongadas o repetidas pueden causar dermatitis (piel roja y seca). La absorción por la piel no es una vía de exposición común con el producto.
<b>- Ingestión</b>	: La ingestión no es una vía de exposición laboral común. La ingestión aguda de este producto puede causar dolor abdominal, vómitos, diarrea; sin embargo, si se obstaculiza la eliminación por bloqueo intestinal u otra razón, este producto puede causar depresión del sistema nervioso central, falta de respuesta refleja, hipocalcemia (deficiencia de calcio en la sangre).

### 3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Nombre del Componente	:Porcentaje
<b>Ingredientes mayores</b>	
Cloro	29,0-32,8%
Magnesio	10.0%-12.8%
Agua	50.0% - 55.0%
<b>Ingredientes menores:</b>	
Sodio	0,5-2,8%
Sulfato	0,0-2,0%
Potasio	0,3-3,8%
Litio	0,1-0,5%
Boro	0,1-0,5%

### 4. PRIMEROS AUXILIOS

Primeros Auxilios	
- Inhalación	: Dar aire fresco, si no respira dar respiración artificial para ayudar a las funciones vitales.
- Contacto con los ojos	: Lavar con abundante agua los ojos por 15 minutos como mínimo, utilice la fuerza suficiente para abrir los párpados. Haga que la víctima realice movimiento de ojos. La víctima debe solicitar atención médica inmediata si se producen efectos adversos.
- Contacto con la piel	: Lavar con abundante agua. La víctima debe solicitar atención médica inmediata si se producen efectos adversos.
- Ingestión	: No induzca el vómito, a menos que esté dirigido por personal médico. Si la persona está consciente, lave la boca de la víctima con agua. No proporcione líquidos (leche, agua) a alguien que esté inconsciente, con convulsiones o incapaz de tragar. Si hay vómitos, coloque al paciente inclinado hacia delante o hacia la izquierda (cabeza abajo, si es posible) para mantener y prevenir la aspiración.

### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

<b>Tipo de Inflamabilidad</b>	: No inflamable
<b>Productos peligrosos de la combustión</b>	: N.A.
<b>Prevención</b>	: No exponga el material al calor excesivo. Mantener alejado de materiales combustibles e incompatibles.
<b>Medios de extinción de incendios</b>	: Polvo químico seco, CO2, espuma o cualquier agente clase "ABC" Actuar de acuerdo al tipo de fuego del alrededor. Aislar el área de peligro. Restringir el acceso a Personas innecesarias y sin la debida protección. Usar equipo de protección personal.
<b>Protección en caso de incendio</b>	: Protección de la piel observando una distancia de seguridad, y usando ropa protectora adecuada.
<b>Riesgos específicos</b>	: No Combustible

### 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

<b>Precauciones generales</b>	: Retire el producto del área afectada y proteja a las personas. Acopie todo el producto derramado derrame en un área delimitada. En caso que el producto se derrame sobre algún tipo de pavimento: Suspenda el tránsito y retire en seco la mayor cantidad posible de producto; luego, proceda a lavar el pavimento con abundante agua de tal manera de eliminar completamente cualquier resto de producto.
<b>Métodos de Limpieza</b>	: Aspiración de las partículas o barrido de éstas. Lavado con agua de residuos después de la aspiración o barrido en caso de producirse el derrame sobre la calzada de un camino pavimentado.
<b>Precauciones para el medio ambiente</b>	: Evitar derrames a cursos o cuerpos de agua superficial y/o infiltración a aguas subterráneas superficiales.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
General	
Medidas de protección técnicas	
Almacenamiento	: Como con todo los químicos, evite que este producto entre en contacto directo con la persona que lo manipula.
Almacenamiento	: El producto no requiere de contenedores especiales. En climas secos, puede almacenarse a granel. En climas húmedos, dada su alta solubilidad en agua, debe protegerse de la humedad atmosférica y de la lluvia.
Manipulación	: Lave cuidadosamente sus manos después de manejar este producto. No coma, no beba, no fume mientras manipule este producto. Use ventilación

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL	
Protección personal	
- Protección de las vías respiratorias	: No se requiere protección respiratoria al usar este producto. Con niveles de oxígeno bajo 19.5% o desconocido use equipo de respiración autónomo. En caso de incendio o exposición del producto a temperaturas elevadas pueden generarse gases tóxicos
- Protección de las manos y cuerpo	: Guantes de látex desechables, bata de laboratorio
- Protección para la piel	: Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite el contacto del producto
- Protección para los ojos	: Gafas químicas o gafas de seguridad. Mantener una ducha de emergencia visible y de fácil acceso al área de trabajo.
- Ingestión	: No comer, no beber y no fumar durante el trabajo.
- Medidas de higiene particulares	: sustituir la ropa contaminada y sumergir en agua. Lavar las manos al término del trabajo
- Control de exposición	:
- Parámetros de Exposición	
- TLV-TWA (ppm) (mgr/m3):	: N.D
- TLV-STEL (ppm) (mgr/m3):	: N.D.
- TLV-C (ppm):	: N.D.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Estado físico a 20°C	: Sólido a temperatura ambiente
Color	: Blanco a blanco amarillento; incoloro
Olor	: Inodoro
Punto de fusión [°C]	: Pierde agua a 100°C. Si se calienta rápidamente se funde a 116 a 118 °C
Punto de ebullición [°C]	: Se descompone a oxiclورو
Presión de vapor, 20°C	: N. A.
Solubilidad en agua [% en peso]	: N.A
Límites de explosión - Inferior [%]	: N.A.
Límites de explosión - Superior [%]	: N.A.
Peso Molecular	: 203.31 g/mol

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Estabilidad y reactividad	: Estable e condiciones normales de manipulación y almacenamiento.
Productos de descomposición	: Calentado a temperatura de descomposición (116-118°C) se descompone en compuestos de magnesio y vapor de HCl.
Incompatibilidades :	: Este producto no es compatible con oxidantes fuertes y con el ácido furánico 2 – peroxicaboxílico
Condiciones a evitar	: Evitar mezclar este producto con químicos incompatibles. En sectores de baja humedad ambiental (climas como el del norte de Chile) el producto puede almacenarse no ensacado por considerables períodos, lo cual no es posible en zonas más húmedas (centro y sur de Chile) debido a la gran capacidad de absorción de agua del producto.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	
Toxicidad	Este producto no tiene toxicidad crónica. De acuerdo al artículo 7 del reglamento sobre manejo sanitario de residuos peligrosos, el cloruro de magnesio no se encuentra en el listado de la categoría II del mencionado reglamento. Tampoco contiene metales catalogados como sustancias tóxicas crónicas en el citado reglamento, ya que éstos en total se encuentran en cantidades inferiores al 0,1%
Sensibilidad al producto	No se conoce sensibilidad a este material debido a un uso prolongado y repetitivo del mismo.

Efectos locales	Este material puede irritar piel y ojos.
-----------------	------------------------------------------

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

<b>Información sobre efectos ecológicos</b>	: Este producto es estable en el ambiente. Este producto es soluble en agua (95 gr/100 ml a 25°C). El eventual efecto en animales expuestos debería ser una irritación del área de tejido afectada. La liberación de importantes volúmenes de este producto produce un aumento de la salinidad y composición de suelos contaminados, pudiendo afectar la vegetación en el lugar contaminado. La liberación de grandes cantidades de este producto puede ser perjudicial para el ambiente acuático, al alterar la salinidad del agua.
---------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

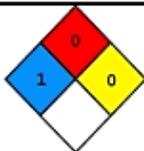
## 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

<b>General</b>	Este producto, si no se altera en su uso, puede ser eliminado de acuerdo a la normativa establecida por el Servicio de Salud local, a quien se debe solicitar la autorización para su acopio como residuo y disposición final.
----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

<b>Transporte terrestre (ADR/TPC - RID/TPF)</b>	No está clasificado como mercancía peligrosa
- Denominación para el transporte	CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO
- N° ONU	
- N° Riesgo	
- ADR - Clase	
- Etiquetado según ADR	
- ADR - División	
- ADR - Grupo	
- Cantidad limitada ADR	
<b>Transporte marítimo (IMDG)</b>	
- Denominación para el transporte	
- N° ONU	
- IMO-IMDG - Clase	
- IMO-IMDG - Etiqueta	
- IMO-IMDG - Grupo	
- EmS N°	
- IMDG - Polución marina	
<b>Transporte aéreo (ICAO-IATA)</b>	
- Denominación para el transporte	
- N° ONU	

## 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

-Símbolos -Clasificación según la norma NFPA 704	 <p style="font-size: small;">Peligro a la salud = 1; Peligro de Inflamabilidad = 0; Peligro de Reactividad = 0.</p>
<b>Disposiciones para el etiquetado</b>	:N° EINECS (CEE): 207-838-8

F. FICHAS DE EMPRESAS SUMINISTRADORAS DE CLORURO DE MAGNESIO

**TSP** **MIN**  
Cuidamos el medio ambiente

**TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE POLVO**

**LIPLAT**

Reducción 90% de polvo

24 Horas al día sin polvo

Ahorro 95% de agua

Operaciones seguras

**2 MILLONES DE METROS<sup>2</sup> DE ACCESOS MINEROS SIN POLVO EN EL PERÚ NOS RESPALDAN**

Otro servicio de: **LIPLAT**  
Soluciones integrales para el control de polvo y estabilización de suelos

**EL CONTROL DE POLVO  
EN UNA OPERACIÓN MINERA  
NO ES TAREA FÁCIL**

**JUNTOS  
SI ES POSIBLE  
LOGRARLO**



REFERENCIA: Yura - Arequipa,  
90 días después de aplicar el tratamiento.

**ANTES**



**DESPUÉS**



# TSP MIN

**TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE POLVO**

Servicio Integral para el control de polvo en caminos y superficies no pavimentadas, que aplica una solución de cloruro de magnesio hexahidratado, que combinando la tecnología para su preparación, aplicación y monitoreo, garantizan una efectiva reducción de polvo, cuidando el medio ambiente de manera económica y segura.

## SERVICIO 100% INTEGRAL

- 1.- Evaluación del problema y análisis de necesidades y expectativas.
- 2.- Asesoría y supervisión previa al tratamiento para el acondicionamiento del camino y/o superficie.
- 3.- Logística de abastecimiento y montaje de planta productiva.
- 4.- Desarrollo de protocolos de riego personalizados.
- 5.- Monitoreo permanente de resultados con tecnología DustMate.
- 6.- Inspección y evaluación post aplicación.
- 7.- Programa de control de polvo por temporada.



## BENEFICIOS



**90%**  
en reducción  
de polvo



**24** Horas  
al día sin  
polvo



**95%**  
de ahorro en el  
uso de agua



Operaciones  
seguras



Prolongación del ciclo  
de mantenimiento  
del camino



Reducción de gases de  
efecto invernadero



Minur - UM Pucamarca



MMD - UM Las Bambas



Glencore - UM Antapacay



Southern Peru - UM Cuajone



Hudbay - UM Condesa



# TSP

## TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA EL CONTROL DE POLVO

- ✓ Rendimiento mínimo de 10 000 m<sup>2</sup> por día.
- ✓ Duración del tratamiento de acuerdo a la necesidad del cliente.
- ✓ Productos y procesos no contaminantes.
- ✓ Diseño de programas flexibles de acuerdo a los recursos que dispone el cliente.
- ✓ Tratamiento aplicado sobre camino de faena, camino de servicio, tranque de relave, acceso rural, campamento minero, almacenes, plataformas, estacionamientos, vías de tránsito temporal, etc.



# LIPLAT

Soluciones integrales para el control de polvo y estabilización de suelos

**LIMA:** Av. Javier Prado Oeste 1760 Of. 705 San Isidro. - Tf: (511) 421-8741  
**AREQUIPA:** Av. Ejército 101 of. 503 Yanahuara, Arequipa. - Tf: (054) 608784

[info@liplata.pe](mailto:info@liplata.pe) / [www.liplata.pe](http://www.liplata.pe)



**ROADMAG**

La Mejor Alternativa para Caminos no Pavimentados.



[www.salmag.com](http://www.salmag.com)

SALMAG tiene como foco, el desarrollo comercial a través de servicios que creen valor para el cliente, basado en el producto y la tecnología que dispone, apoyado en el trabajo conjunto con empresas de Ingeniería Vial y conservación de caminos.

Los baches, el polvo y la calamina son fallas comunes en los caminos no pavimentados, lo que afecta la calidad de servicio y produce contaminación e inseguridad vial. La causa principal en estos deterioros es la pérdida de fino material granular que componen la carpeta de rodadura producto de la disminución de humedad en los materiales, situación que año a año se lleva a las autoridades y privados a invertir grandes sumas de dinero en la reposición de material granular y conservación vial.

RoadMag® reduce la pérdida de material granular, previniendo la formación de calamina e irregularidades; y evitando la emisión de polvo en un casi 100%.

RoadMag® es la mejor alternativa para aquellas vías que por su nivel de tránsito no justifican algún tipo de pavimento.

## ¿Qué es RoadMag®?

Es un estabilizador químico y agente controlador de polvo para caminos no pavimentados compuesto mayoritariamente de Cloruro de Magnesio Hexahidratado (Bischofita). Dentro de sus propiedades, permite atraer y retener la humedad ambiental aminorando la pérdida de partículas finas del suelo y controlando la emisión de polvo.

RoadMag® se aplica diluido en agua de manera de reemplazar en hasta un 100% el agua de compactación al estabilizar carpetas granulares (mezcla homogénea en todo el espesor de la base granular).

La solución plateada considera el soporte técnico a través de empresas de ingeniería especialistas en la materia.

Principales Características de RoadMag®:

- Higroscópico: tiene la capacidad de absorber la humedad del aire cuando la humedad relativa es superior al 32%.
- Ligante: liga las partículas finas estabilizando la carpeta de rodadura.
- Baja temperatura de congelamiento (-32,8 °C): evita la formación de hielo sobre los caminos.
- Altamente soluble en agua: lo que facilita su aplicación diluido en el agua de compactación.

## RoadMag y el Medio Ambiente

- El producto es natural, inodoro e inodoro.
- No es contaminante ni peligroso.

## Beneficios de RoadMag®

- Ahorro de Costos: reduce la cantidad de agua requerida, la pérdida de material granular y los costos de conservación vial y de operación de los vehículos.
- Control de Polvo: 100% efectividad.
- Fácil de Aplicar: sólo se reemplaza el agua de compactación por una solución de RoadMag®.
- Rápido: uso inmediato del camino al término de la construcción.
- Calidad de Servicio: comparable a un camino con tratamiento asfáltico.
- Durabilidad: Si se construye y especifica en forma adecuada puede durar más de tres años sin mantenimientos mayores



# G. ENSAYOS DE LABORATORIO ORIGINALES



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

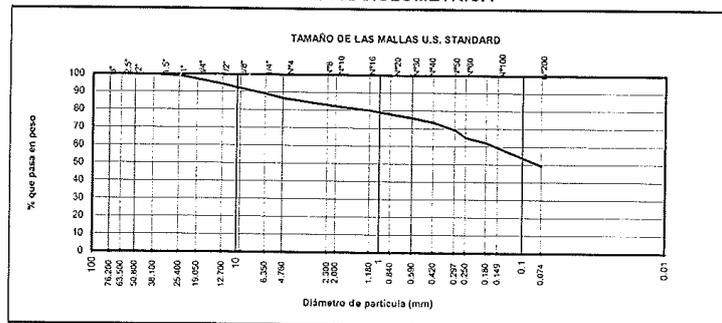
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 UBICACIÓN : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 SOLICITANTE : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 FECHA : 06/06/2017

Calicata: C-1		Muestra: M-1		Prof.: 1.50 m		Progresiva:	
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Descripción de la Muestra	
76.2	3"	0.0	0.0	0.0	100.0	CLASIFICACION DE SUELOS:	
63.5	2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	AASHTO = A-2-6 ( 0 )	
50.8	2"	0.0	0.0	0.0	100.0	SUCS = SC	
38.1	1 1/2"	433.0	7.7	7.7	92.3	COEFICIENTES:	
25.4	1"	372.0	6.6	14.3	85.7	Cc = 4.15	
19	3/4"	133.0	2.4	16.8	83.4	Cu = 50.64	
12.7	1/2"	300.0	5.3	21.9	78.1	LÍMITES ATTERBERG:	
9.525	3/8"	293.0	5.2	27.1	72.9	LL = 30.81 N.P.	
6.35	1/4"	329.0	5.8	33.0	67.0	LP = 16.34 N.P.	
4.76	Nº 4	153.0	2.7	35.7	64.3	IP = 14.47 N.P.	
2.3	Nº 8					% H.N = 7.48	
2	Nº 10	967.5	17.1	52.8	47.2	Observaciones:	
1.18	Nº 16		0.0	52.8	47.2	- Arena arcillosa con grava	
0.84	Nº 20	669.4	11.9	64.7	35.3		
0.59	Nº 30	370.2	6.6	71.2	28.8		
0.42	Nº 40	71.8	1.3	72.5	27.5		
0.297	Nº 50						
0.25	Nº 60	192.5	3.4	75.9	24.1		
0.18	Nº 80						
0.149	Nº 100	342.5	6.1	82.0	18.0		
0.074	Nº 200	66.8	1.2	83.1	16.9		
	< Nº 200	951.2	16.9	100.0	0.0		
	Peso Inicial	5644.9	100.0				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA.- LAS MUESTRA FUERON TRAJIDAS POR EL SOLICITANTE A ESTE LABORATORIO

OPERADOR TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO



**WILLIAM ARÓN BAES**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 53888  
JEFE DE PROYECTO



**EDGAR ZAGA DE LA CRUZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 199710  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

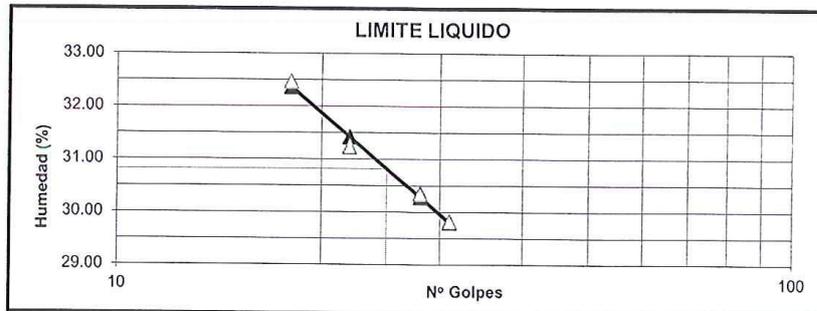
Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



**LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM D 4318**

**INFORME** EXP. 029 - LMS 2017  
**PROYECTO** ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA -2016  
**UBICACIÓN** VILLA LAS ORQUIDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y Y DEPARTAMENTO LIMA  
**SOLICITANTE** JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
**FECHA** 05 DE JUNIO DEL 2017

Calicata:	C - 1	Muestra:	M-1	Prof.:	1,50 m			
	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Nº DE GOLPES	31	28	22	18	—	—	****	****
TARRO Nº	6	7	8	9	4	5	****	****
Suelo húmedo+tarro (gr)	12.76	12.19	12.56	12.74	10.34	9.77	****	****
Suelo seco+tarro (gr)	11.12	10.70	10.92	10.99	9.71	9.19	****	****
Peso del Agua (gr)	1.64	1.49	1.63	1.75	0.63	0.58	****	****
Peso del Tarro (gr)	5.62	5.79	5.70	5.60	5.82	5.67	****	****
Peso del Suelo Seco (gr)	5.50	4.91	5.22	5.39	3.89	3.52	****	****
Humedad (%)	29.82	30.35	31.23	32.47	16.20	16.48	****	****
L.L.	30.81 %			L.P.	16.34 %		I.P. 14.48 %	



OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO



**WILLIAM ARONES BAES**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 5368  
JEFE DE PROYECTO



**EDGAR ZAGA DE LA CRUZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 24710  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

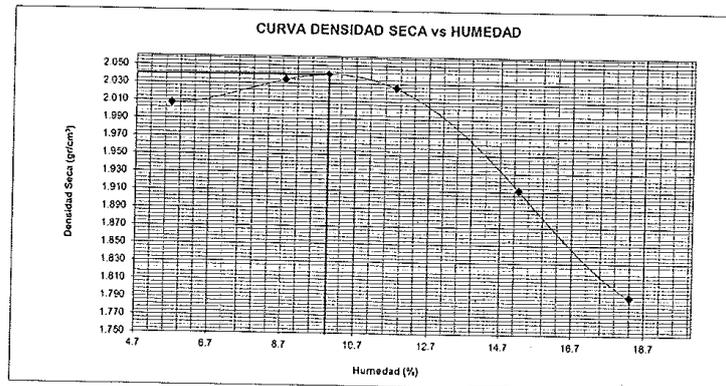
Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 – 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



### PROCTOR MODIFICADO

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN QUÍMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 06/06/2017

Método : A  
 Máxima Densidad Seca : 2.040 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de humedad : 10.0 %



ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1557



*William Arones Baes*  
 WILLIAM ARONES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 53068  
 JEFE DE PROYECTO



*Edgar Zaga de la Cruz*  
 EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 89718  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 OBRA : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 10/06/2017

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 2.040  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.0

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	2.040	1.408	1.224
Contenido de Humedad	10.0	10.0	10.0

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada ( $Lb/pulg^2$ )	Presión Patrón ( $Lb/pulg^2$ )	C.B.R. (%)
I	0.1	126	1000	12.6
II	0.1	57	1000	5.7
III	0.1	25	1000	2.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 12.6 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.7 %

d).- Expansión (%) : 0.0

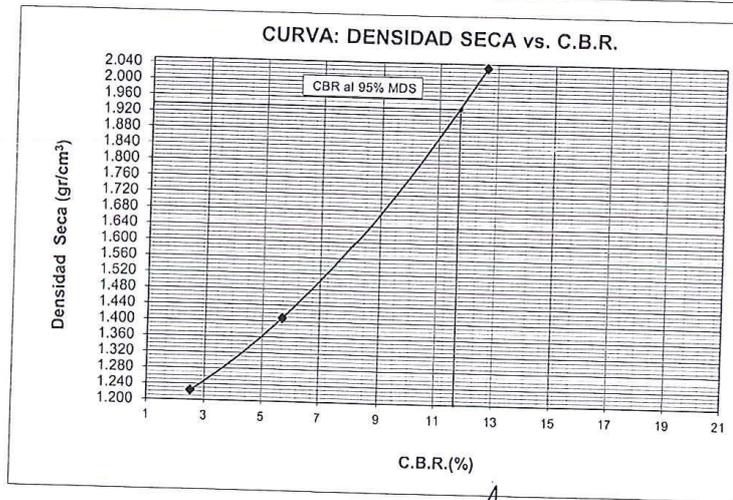
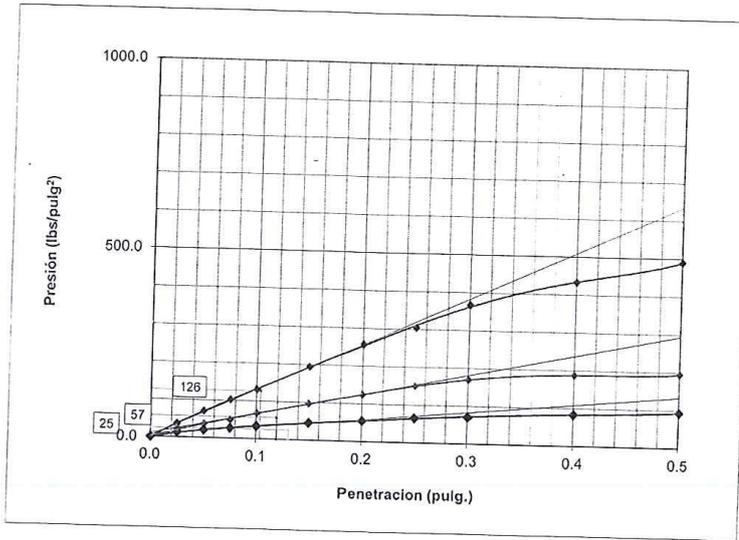


WILLIAM ARCONES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 53866  
 JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 89710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1883.



**WILLIAM ARONES BAES**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 41889  
JEFE DE PROYECTO



**EDGAR ZAGA DE LA CRUZ**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 39710  
ESPECIALISTA EN SUELOS  
Y PAVIMENTOS

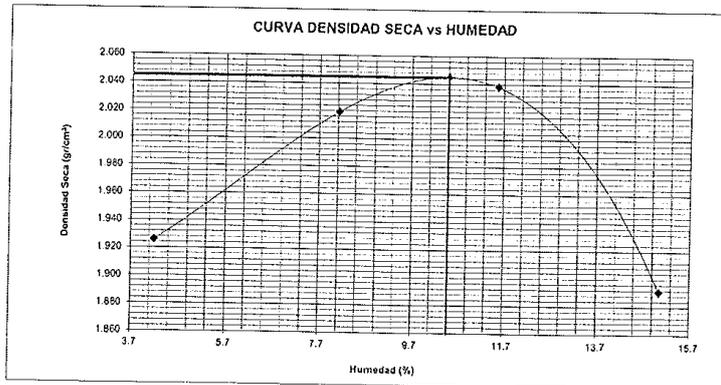
Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



**PROCTOR MODIFICADO**

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : 1% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 07/06/2017

Método : A  
 Máxima Densidad Seca : 2.045 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de humedad : 10.5 %



ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1557



WILLIAM ARONES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 53488  
 JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 09740  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central-Telefónica 7480888- anexo 9719 – 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 OBRA : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : 1% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 11/06/207

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.045  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.045	1.438	1.252
Contenido de Humedad	10.5	10.5	10.5

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	126	1000	12.6
II	0.1	57	1000	5.7
III	0.1	25	1000	2.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 12.6 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.6 %

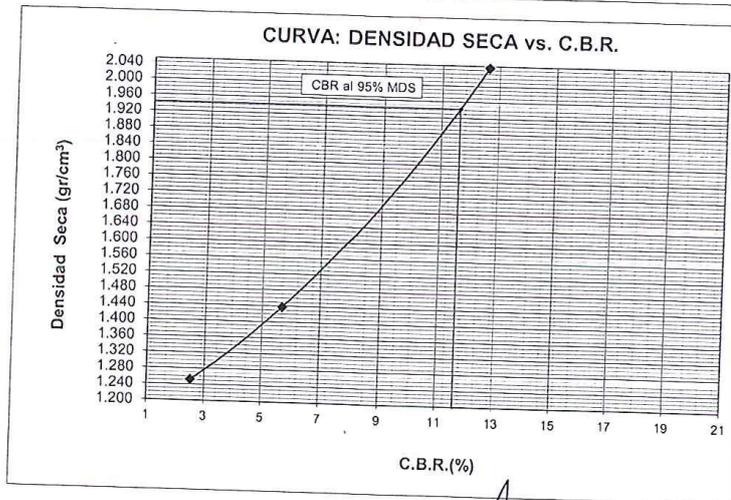
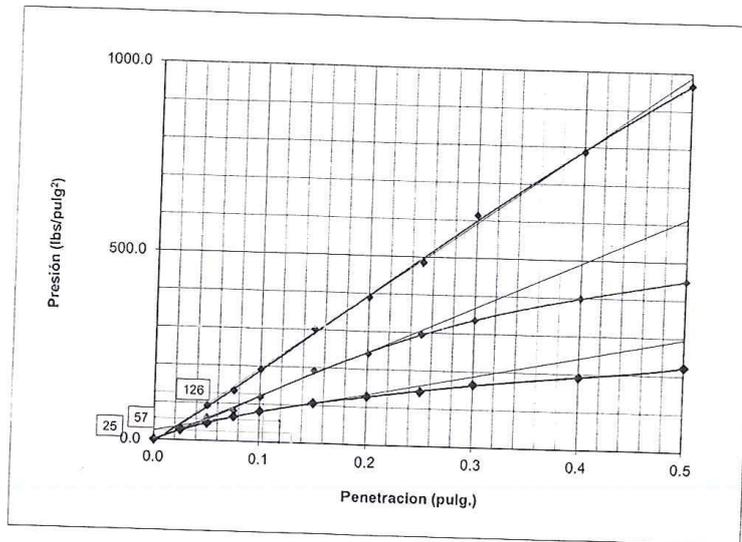
d).- Expansión (%) : 0.0



WILLIAM ARONES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 53888  
 JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 51710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS



ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1883.

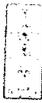


**WILLIAM ARÓNES BAES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 35388  
 JEFE DE PROYECTO



**EDGAR ZAGA DE LA CRUZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 35710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS

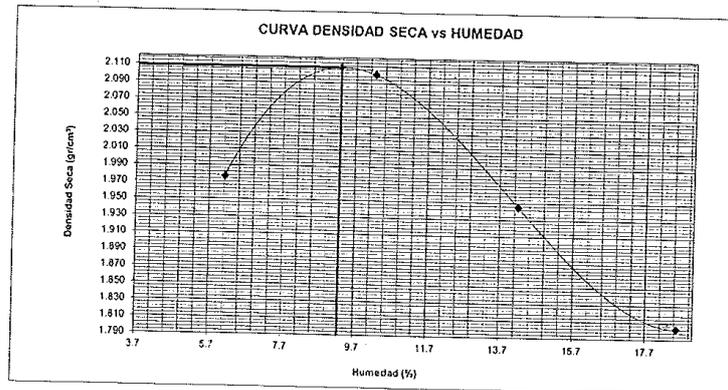
Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



**PROCTOR MODIFICADO**

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN QUÍMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : 3% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 12/06/2017

Método : A  
 Máxima Densidad Seca : 2.109 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de humedad : 9.3 %



ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1557



*William Arónes Baes*  
 WILLIAM ARÓNES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 53884  
 JEFE DE PROYECTO



*Edgar Zaga de la Cruz*  
 EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 49710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS



### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 OBRA : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : 3% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 12/06/2017

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 2.109  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.3

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	2.109	1.497	1.367
Contenido de Humedad	9.3	9.3	9.3

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada ( $Lb/pulg^2$ )	Presión Patrón ( $Lb/pulg^2$ )	C.B.R. (%)
I	0.1	300	1000	30.0
II	0.1	199	1000	19.9
III	0.1	151	1000	15.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 30.0 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 28.7 %

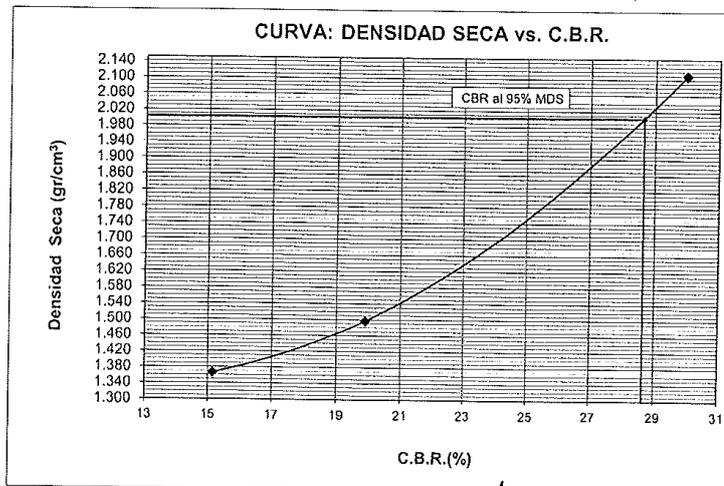
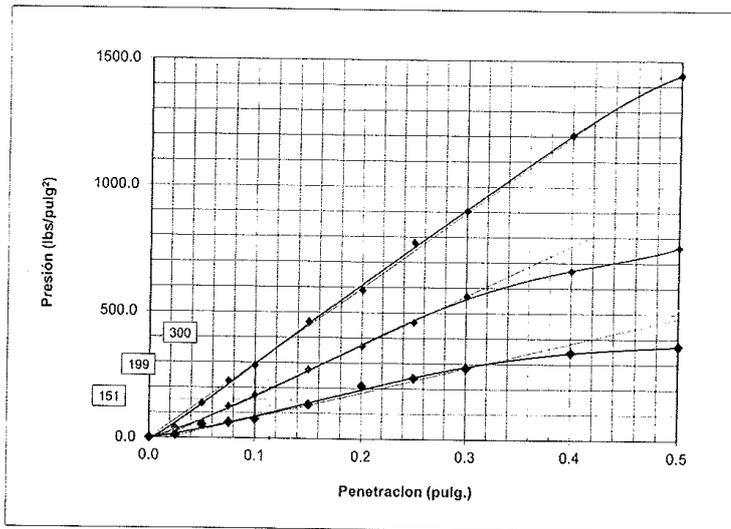
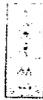
d).- Expansión (%) : 0.0



WILLIAM ARQUES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 5344  
 JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 13710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS



ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1883.



WILLIAM ARDON BAES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 93888  
JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 49710  
ESPECIALISTA EN SUELOS  
Y PAVIMENTOS

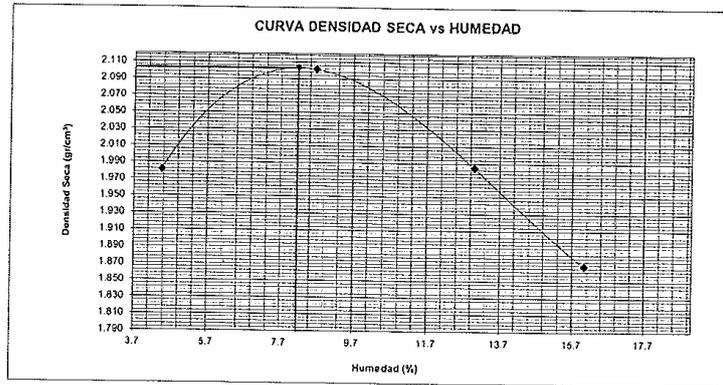
Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



**PROCTOR MODIFICADO**

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN QUÍMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : 5% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 13/06/2017

Método : A  
 Máxima Densidad Seca : 2.103 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de humedad : 8.2 %



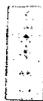
ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1557



WILLIAM ARONES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 53888  
 JEFE DE PROYECTO



EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 99710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS



### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

INFORME : EXP. 029 - LMS 2017  
 SOLICITA : JEFFESON ZAMBRANO CABELLO  
 OBRA : ESTABILIZACIÓN QUIMICO CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL  
 DISEÑO DEL CAMINO VILLA LAS ORQUÍDEAS - PUENTE PIEDRA - 2016  
 LUGAR : VILLA LAS ORQUÍDEAS - DIST. PUENTE PIEDRA - PROV. Y DPTO LIMA  
 MATERIAL : 5% CLORURO DE MAGNESIO EN ARENA ARCILLOSA  
 FECHA : 12/06/207

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557

Método : A  
 Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.103  
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 8.2

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	12
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.103	1.544	1.423
Contenido de Humedad	8.2	8.2	8.2

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	205	1000	20.5
II	0.1	135	1000	13.5
III	0.1	90	1000	9.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 20.5 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19.6 %

d).- Expansión (%) : 0.0



*William Arnes Baes*  
 WILLIAM ARNES BAES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 53048  
 JEFE DE PROYECTO

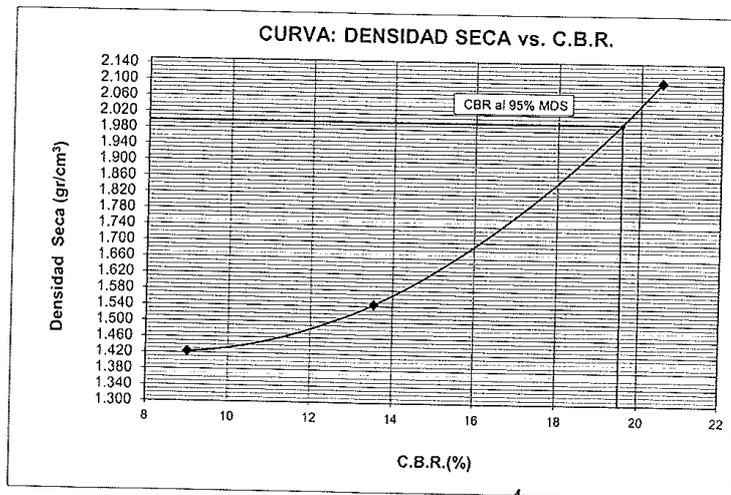
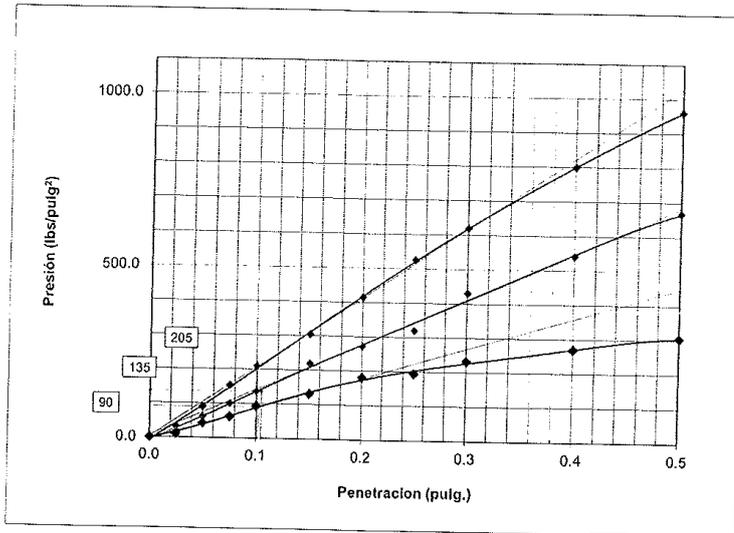


*Edgar Zaga de la Cruz*  
 EDGAR ZAGA DE LA CRUZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 98710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1883.



**WILLIAM ARONES BAES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 53288  
 JEFE DE PROYECTO



**EDGAR ZAGA DE LA CRUZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 39710  
 ESPECIALISTA EN SUELOS  
 Y PAVIMENTOS

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
 Central-Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046  
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

## H. TURNITIN

### "ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CLORURO DE MAGNESIO EN EL DISEÑO DEL CAMINO - VILLA LAS ORQUIDEAS - PUENTE PIEDRA EN EL 2016"

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>%21</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>%8</b> FUENTES DE INTERNET	<b>%0</b> PUBLICACIONES	<b>%16</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>%9</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>%7</b>
<b>3</b>	<b>cybertesis.uach.cl</b> Fuente de Internet	<b>%4</b>
<b>4</b>	<b>issuu.com</b> Fuente de Internet	<b>%2</b>

EXCLUIR CITAS

APAGADO

EXCLUIR

< 2%

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA APAGADO

COINCIDENCIAS